차 례

교과서안내

참고	학습에 도움이 될 여러가지 참고자료들과 상식들을 폭넓게 담고있다.	주의	화학실험이나 지식습득에서 반드시 주의를 돌려야 할 내용을 담고있다.
실험	새 지식을 이끌어내고 실험기능을 높이기 위하여 수업시간에 하는 새기기실험(또는 보이기실험)이다.	해보기	쉽게 얻을수 있는 시약이나 기구를 리용하여 자체로 해보는 과외실험이다.
발전	배운 내용에 기초하여 한계단 높은 지식을 습득하기 위한 내용을 담고있다.	탐구	지적능력을 높이기 위한 실험 및 응용문제들을 포함하고있다.
?	이미 배운 내용을 다지고 새로운 지식과의 련관을 맺어주기 위한 물음이다.	장종합	해당 장의 내용을 호상련관속에서 종합체계화하여 알기 쉽게 묶어준것이다.

머 리 말

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《화학을 발전시켜야 나라의 화학공업기지를 튼튼히 꾸리고 인민경제의 화학화를 실현하는데서 나서는 과학기술적문제들도 원만히 풀어나갈수 있습니다.》

과학기술이 급속히 발전하고있는 오늘 화학과 같은 기초과학을 발전시키지 않고서는 경제의 발전도, 인민생활의 향상도, 국방공업의 현대화도 생각할수 없다.

특히 화학을 발전시켜 자립적이며 튼튼한 화학공업기지를 꾸려야 경제를 발전시키고 인민생활과 국방공업에 필요한 갖가지 화학물질들을 생산보장할수 있으며 인민경제의 현대화를 실현하는데서 나서는 과학기술적문제들을 원만히 풀어나갈수 있다.

6학년 화학과목에서는 화학반응을 운동론적으로 고찰하며 산화환원반응리론의 응용분야인 전지와 전기분해, 그를 리용한 물질생산과 금속의 보호 그리고 화학생산은 물론 생명활동에서 의의가 있는 전해질용액과 콜로이드용액, 기본영양물질들과 고분자화합물에 대하여 배우게 된다. 이와 함께 사회경제적으로 중요한 의의를 가지는 환경보호에 대하여서도 학습하게 된다.

우리는 이 과정을 통하여 물질과 그 변화에 대하여 원리적으로, 실천적으로 깊이있게 체득함으로써 경애하는 **김정은**선생님의 령도따라 강성국가건설에 참답게 이바지하는 유능한 혁명인재들로 준비하여야 한다.

제1장. 화학반응속도와 화학평형

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《나라의 경제력을 강화하고 인민생활수준을 빨리 높이자면 화학공업을 결정적으로 발전시켜야 합니다.》

화학을 발전시켜야 화학공업기지를 튼튼히 꾸려 국방공업과 경제발전, 인민생활에 필요한 갖가지 화학물질들을 원만히 생산보장할수 있다.

모든 화학공업생산에서는 화학반응에 기초하여 여러가지 제품이 만들어진다. 단위시간안에 제품을 더 많이 생산하고 제품을 눅은 값으로 생산하려면 화학반응속도를 빠르게 하고 화학반응이 더 잘 일어나게 해야 한다. 그러자면 화학공업에서 화학반응속도와 화학평형에 대한 지식을 잘 적용하여야 한다.

이 장에서는 화학반응속도와 화학평형에 대한 지식과 그것이 화학공업에서 어떻게 적용되는가를 학습한다.

제1절. 화학반응속도

화학반응들가운데는 순간적으로 매우 빠르게 일어나는것도 있고 반대로 매우 느리게 일어나는것도 있다. 례를 들어 연소와 폭발, 중화반응과 같은것은 매우 빠르게 일어나며 두엄이 썩거나 철이 녹쓰는것과 같은 반응은 매우 느리게 일어난다.

화학반응이 빠르게 혹은 느리게 일어나는 정도를 화학반응속도로 나타낸다.

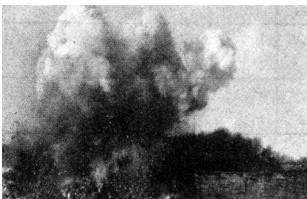



그림 1-1. 화약의 폭발

그림 1-2. 못이 녹쓰는 과정

일반적으로 속도는 단위시간동안에 변화된 량(거리, 질량)으로 나타낸다.

ⓘ 자동차나 자전거의 속도는 무엇으로 어떻게 나타내는가?

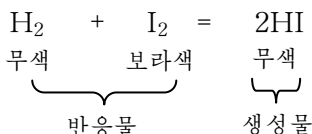
그러면 화학반응속도는 어떻게 나타내겠는가.

화학반응속도는 반응물이나 생성물의 농도변화로 나타낸다.

례를 들어 닫긴 그릇에 수소기체와 보라색의 요드증기를 섞어 넣고 열을 주면 화학반응이 일어나면서 보라색이 점점 연해진다. 이것은 수소와 요드가 반응하여 점점 없어지기때문이다.

$$H_2 + I_2 = 2HI$$

무색 보라색 무색

반응물 생성물

화학반응이 일어남에 따라 반응물인 H_2와 I_2의 농도는 점점 작아지고 생성물인 HI의 농도가 커진다. 화학반응속도가 빠르면 빠를수록 이런 농도변화과정이 더 빨리 일어난다.

화학반응속도란 단위시간동안에 일어나는 반응물 또는 생성물의 농도변화를 말한다.

처음농도를 c_1, 이때 시간을 t_1, 일정한 시간이 지난 다음 농도를 c_2, 이때 시간을 t_2이라고 하면 반응속도 v는 다음과 같은 식으로 나타낼수 있다.

$$v = \pm\frac{c_2 - c_1}{t_2 - t_1} = \pm\frac{\Delta c}{\Delta t}$$

식에 부호 《±》를 쓴것은 반응속도를 언제나 《+》값으로 나타내기 위해서이다. 반응물의 농도변화로 반응속도를 나타낼 때에는 $c_1 > c_2$이므로 식에 《-》부호를 붙여야 반응속도가 《+》값으로 된다.

[례제] 수소와 요드와의 반응에서 수소의 처음농도가 0.4mol/L이던것이 10s 지난 다음 0.1mol/L로 되였다. 이 반응의 속도는 얼마인가?

풀이. $v = -\frac{c_2 - c_1}{t_2 - t_1} = -\frac{0.1\text{mol/L} - 0.4\text{mol/L}}{10\text{s}}$ =0.03mol/(L・s)

답. 0.03mol/(L・s)

문 제

1. 화학반응속도를 반응물의 농도변화로 나타낼 때와 생성물의 농도변화로 나타낼 때 다른 점이 무엇인가?
2. 다음 문장에서 옳고 그른것을 가려내고 틀린것을 고쳐라.
   ㄱ) 화학반응이 일어나면 반응물의 농도가 점점 커진다.
   ㄴ) 화학반응속도가 빠르면 생성물이 적게 생긴다.
   ㄷ) 반응물의 농도가 급속히 작아지는것은 반응속도가 빠르기 때문이다.
   ㄹ) 화학반응이 일어나면 생성물의 농도가 점점 작아진다.
   ㅁ) 화학반응속도가 느리면 반응물이 적게 없어진다.
3. 반응 $H_2+I_2=2HI$의 속도를 수소의 농도변화로 나타낸 값은 0.03mol/(L・s)이다. 이 반응의 속도를 요드의 농도변화로 나타내면 얼마로 되겠는가? (답. 0.03mol/(L・s))
4. 농도가 0.2mol/L인 염산에 아연쪼각을 넣어 반응시켰다. 20s 지난 후 염산의 농도가 0.02mol/L로 되였다면 이 반응의 속도는 얼마인가? (답. 0.009mol/(L・s))
5. 농도가 0.5mol/L인 류산용액에 산화칼시움을 넣고 반응시켰다. 1min 지나서 반응속도가 0.007mol/(L・s)라면 그때의 류산용액의 농도는 얼마이겠는가? (답. 0.08mol/L)

제2절. 화학반응속도에 미치는 농도의 영향

물우에 떠가는 배의 속도는 기관의 성능에 관계되지만 물의 흐름과 바람에 의한 영향도 받는다. 마찬가지로 화학반응속도도 반응물자체의 성질에 관계되지만 여러가지 바깥조건의 영향을 받는다.

화학반응속도는 반응물들의 농도에 따라 달라진다.

반응물들의 농도가 달라질 때 반응속도가 어떻게 변하는가를 실험으로 알아보자.

티오류산나트리움 $Na_2S_2O_3$용액에 류산을 작용시키면 류황이 생기면서 용액이 흐려진다.

$$Na_2S_2O_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2SO_3 + S$$

실험 농도가 클수록 반응속도는 빨라진다

① 첫번째 시험관에는 농도가 0.2mol/L인 티오류산나트리움용액을 10mL 넣는다.

② 두번째 시험관에는 같은 농도의 티오류산나트리움용액을 5mL 넣고 거기에 증류수를 5mL 더 넣어 10mL가 되게 한다.

③ 두 시험관에 농도가 0.2mol/L인 류산용액을 5mL씩 넣고 잘 뒤섞어 세워놓는다.

어느 시험관의 용액이 먼저 흐려지는가를 관찰한다.

실험은 농도가 큰 티오류산나트리움용액이 들어있는 시험관의 용액이 먼저 흐려지는것을 보여준다. 이것은 반응물의 농도가 크면 반응속도가 빠르다는것을 말하여준다.

화학반응속도는 반응물의 농도가 클수록 빨라진다.

그러면 농도가 클수록 반응속도가 빨라지는 원인은 무엇인가.

화학반응이 일어나자면 반응물분자(또는 이온)들이 서로 충돌하여야 한다. 반응물분자들사이의 충돌수는 분자의 수가 많을수록 많아진다. 그런데 단위체적속에 들어있는 분자의 수는 반응물의 농도가 클수록 많아진다. 따라서 반응물의 농도가 클수록 분자들사이의 충돌수가 많아지게 되며 반응속도가 빨라진다.

A B	c_A	c_B	충돌수
	1	1	1
	2	1	2
	2	2	4

그림 1-3. 반응물의 농도(분자수)와 충돌수사이의 관계

반응물이 기체인 경우에는 압력을 높이면 반응속도가 빨라진다. 그것은 단위체적속에 들어있는 분자수가 많아지기때문이다. 즉 농도가 커지기때문이다.

반응물이 고체인 경우에는 고체의 겉면적을 크게 하면 반응속도가 빨라진다.

실험으로 알아보자.

화학반응속도에 미치는 고체겉면적의 영향

① 2개의 시험관에 농도가 같은 염산을 5mL씩 넣는다.

② 한 시험관에는 아연쪼각을 넣고 다른 시험관에는 같은 질량의 아연가루를 동시에 넣는다.

어느 시험관에서 반응이 더 잘 일어나는가를 관찰한다.

실험은 아연쪼각보다 아연가루를 넣은 시험관에서 반응이 더 세차게 일어난다는것을 보여준다. 그 리유는 무엇인가.

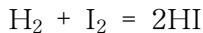
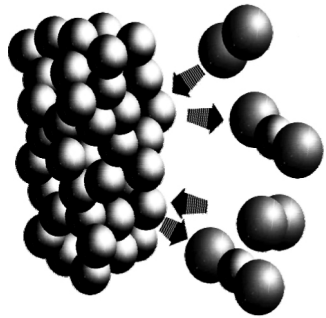
반응물이 고체인 경우에는 화학반응이 고체겉면에서만 일어난다.(그림 1-4) 그런데 고체는 질량이 같을 때 덩어리보다 가루의 겉면적이 훨씬 크다. 따라서 겉면적이 클수록 반응물분자들사이의 충돌수가 많아져 반응속도가 빨라진다.

그림 1-4. 고체겉면에서의 반응

이런데로부터 화학공장들에서도 원료가 고체일 때에는 그것을 작은 알갱이나 가루로 분쇄하여 반응시킨다.

화학반응속도와 반응물의 농도사이에는 정량적인 관계가 있다.

례를 들어 요드와 수소와의 반응

$$H_2 + I_2 = 2HI$$

에서 수소의 농도는 그대로 두고 요드증기의 농도를 2배, 3배, … 로 증가시키면 분자들사이의 충돌수는 2배, 3배, … 로 빨라지게 된다. 이것은 반응속도가 요드증기의 농도 $[I_2]$에 비례한다는것을 보여준다.

$$v \propto [I_2] \qquad (1)$$

※ 물질의 농도를 문자기호 c대신에 [ ]안에 화학식을 적어서 나타내기도 한다.

마찬가지로 이 반응속도는 수소의 농도 $[H_2]$에도 비례한다.

$$v \propto [H_2] \qquad (2)$$

(1)과 (2)로부터 다음의 관계가 얻어진다.

$$v \propto [H_2][I_2] \qquad (3)$$

(3)에 비례결수 k를 넣으면 다음의 식이 된다.

$$v = k[H_2][I_2] \qquad (4)$$

비례결수 k를 반응속도상수라고 부르는데 이 상수는 온도에만 의존된다. 그리고 식 (4)를 반응속도식이라고 부른다. 반응속도식은 반응속도와 농도사이의 정량적인 관계를 밝혀준다.

화학반응속도는 반응물들의 농도적에 비례한다.

수소와 요드증기를 섞어 반응시킬 때 그릇안에서 물질들의 농도는 제가끔 어떻게 변하고 반응속도는 어떻게 달라지겠는가.

반응물들인 수소와 요드증기의 농도는 섞는 순간에 제일 크고 시간이 지남에 따라 점점 작아진다. 그리고 생성물인 요드화수소의 농도는 점점 커진다. 그러므로 수소와 요드와의 반응속도는 첫 순간에 가장 빠르고 시간이 지나감에 따라 점점 떠진다.

화학반응속도식은 화학방정식에 의해서가 아니라 실험결과에 의하여 이끌어내는 식이다.

례: $2H_2O_2=2H_2O+O_2$의 반응속도식은 $v = kc_{H_2O_2}^2$ 로 생각할수 있으나 실지로는 $v = kc_{H_2O_2}$ 이다.

문 제

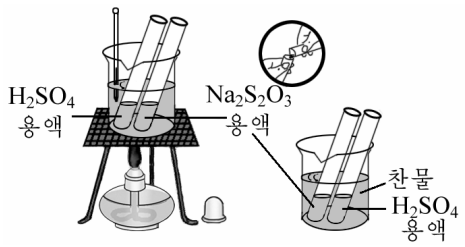
1. 숯이나 류황은 공기속에서보다 산소속에서 더 세차게 잘 탄다. 그 리유는 무엇인가?
2. 다음과 같은 물질들사이의 화학반응속도를 높이자면 어떻게 해야 하는가?
   ㄱ) 고체와 용액사이의 반응
   ㄴ) 고체와 기체사이의 반응
   ㄷ) 용액과 용액사이의 반응
   ㄹ) 용액과 기체사이의 반응
   ㅁ) 기체와 기체사이의 반응
3. 1L들이 그릇과 2L들이 그릇에서 제가끔 수소와 요드가 반응하였다. 1L들이 그릇에서는 20s동안에 2mol의 요드가 반응하였고 2L들이 그릇에서는 같은 시간동안에 10mol이 반응하였다. 어느 그릇에서 몇배나 더 빨리 반응이 일어났는가?
   (답. 2L들이 그릇에서 2.5배)
4. 수소와 요드로부터 요드화수소가 생기는 반응에서 요드의 농도변화로 나타낸 반응속도는 500℃에서 43.0mol/(L・min)이다. 1min동안에 1L에서 몇개의 요드분자가 반응한것으로 되는가?
   (답. 2.59×10^{25}개)
5. 질산동을 만들려고 질은 질산에 동을 넉넉히 넣어 반응시켰다. 30s 지난 뒤 얻어진 질산동의 농도는 0.2mol/L였다. 반응속도를 구하여라. (답. 0.006 7mol/(L・s))
6. 수소와 요드를 섞어넣고 10min이 지난 후 요드의 농도가 0.01mol/L 줄어들었다. 생성물인 요드화수소의 농도변화로 나타낸 반응속도는 얼마인가? 그리고 1min동안에 매 1L에서 몇개의 요드화수소분자가 생겼는가? (답. 0.002mol/(L・min), 1.2×10^{21}개)

제3절. 화학반응속도에 미치는 온도의 영향

화학반응속도와 온도와의 관계

화학반응속도는 온도의 영향을 크게 받는다. 일부 화학반응들은 열을 주어 온도를 높일 때만 일어난다. 례를 들어 석탄은 보통온도에서는 공기중에서 지어는 순수한 산소속에서도 연소되지 않지만

일정한 온도까지 가열해주면 잘 연소된다.

용액들사이의 반응에서는 어떠한가를 실험으로 알아보자.

실험에서는 찬물보다 더운물에 잠그었던 시험관의 용액들을 섞은것이 더 빨리 흐려지는것을 보여준다. 즉 온도가 높은 시험관에서 반응이 더 빨리 일어난다.

화학반응속도는 온도가 높을수록 빨라진다. 실험으로 측정한데 의하면 온도가 10℃씩 높아지는데 따라 화학반응속도는 2~4배정도씩 빨라진다.

이렇게 반응속도가 급속히 빨라지는 원인은 무엇인가.

온도를 높이면 반응물분자들이 열에네르기를 받아 운동이 활발해지면서 충돌수가 많아져 반응속도가 빨라질수 있다. 그러나 이것만으로는 그 원인이 다 설명되지 못한다.

활성충돌

화학반응이 일어나자면 반응물분자들이 서로 충돌하여야 한다. 하지만 그 충돌이 다 반응을 일으키는것은 아니다.

례를 들어 닫긴 그릇에 수소와 산소를 섞어넣으면 분자들사이에 충돌이 일어나지만 보통온도에서는 그 충돌이 반응을 일으키지 않는다.

그러면 어떤 분자들사이의 충돌이 반응을 일으키는가.

반응물분자들가운데서 어떤것은 큰 에네르기를 가지고 또 어떤 분자들은 보다 작은 에네르기를 가지고 운동한다. 큰 에네르기를 가진 분자들끼리 충돌할 때만 반응을 일으킨다.(그림 1-5)

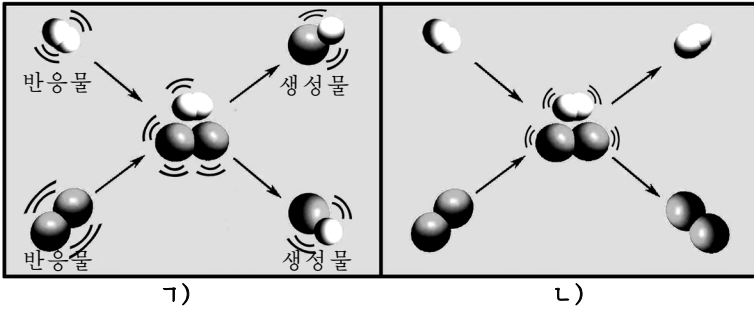



그림 1-5. 큰 에네르기를 가지고 충돌한 분자들만 반응을 일으킨다
ㄱ) 큰 에네르기를 가진 경우 ㄴ) 작은 에네르기를 가진 경우

반응을 일으킬 정도의 큰 에네르기를 가지고있는 분자를 **활성분자**라고 부르며 활성분자들사이의 충돌을 **활성충돌**이라고 부른다.

활성분자가 아닌 분자들도 밖으로부터 에네르기를 받으면 활성분자로 될수 있다.

온도를 높일 때 반응속도가 급격히 빨라지는것은 활성분자가 급격히 늘어나 활성충돌수가 많아지기때문이다.

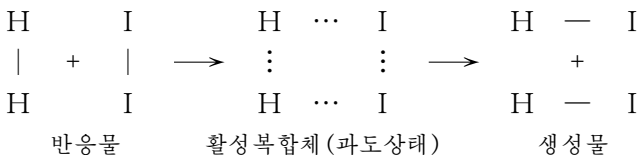
(?) 온도를 10℃씩 높일 때마다 반응속도가 2~4배씩 빨라지는것은 이때 활성분자가 얼마씩 늘어난다는것을 의미하는가?

활성화에네르기

화학반응이 일어날 때 반응물은 반드시 활성복합체라는 불안정한 중간물질을 거쳐 생성물로 넘어간다.

례컨대 수소와 요드증기를 섞어 높은 온도로 열줄 때 일어나는 반응 $H_2+I_2=2HI$에서는 다음과 같은 과정을 거쳐 생성물로 넘어간다.

$$\begin{matrix} H & & I \\ | & + & | \\ H & & I \end{matrix} \longrightarrow \begin{matrix} H & \cdots & I \\ \vdots & & \vdots \\ H & \cdots & I \end{matrix} \longrightarrow \begin{matrix} H & - & I \\ & + & \\ H & - & I \end{matrix}$$

반응물 활성복합체(과도상태) 생성물

이 과도상태에 해당한 불안정한 물질을 **활성복합체**라고 부른다.

요드화수소가 생기는 과정을 에네르기관계로 표시하면 다음과 같다.(그림 1-6)

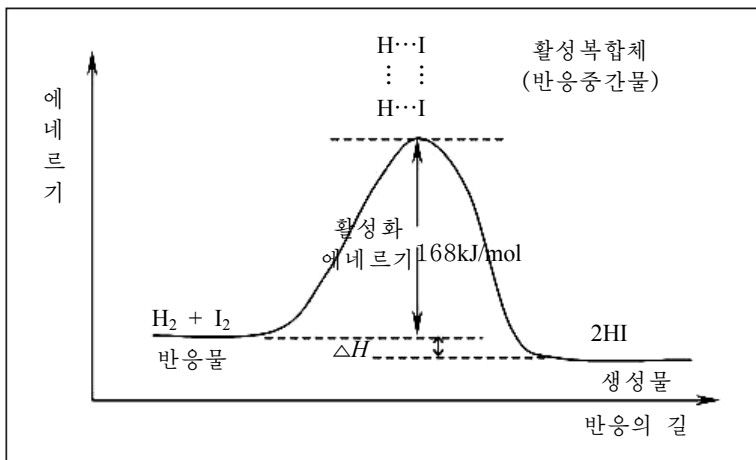



그림 1-6. 활성화에네르기

그림에서 보는바와 같이 활성복합체를 이룰수 있는 큰 에네르기를 가진 분자가 활성분자이다.

반응물분자들이 활성복합체를 이루는데 필요한 에네르기를 **활성화에네르기**라고 부르며 E_a(kJ/mol)로 표시한다. 활성화에네르기의 크기는 활성복합체의 에네르기와 반응물의 평균에네르기와의 차와 같다.

활성화에네르기값은 반응마다 다르며 활성화에네르기가 작은 반응일수록 반응이 잘 일어나며 반응속도가 빠르다.

그림 1-6에서 보는것처럼 반응물분자들의 평균에네르기와 생성물분자들의 평균에네르기의 차가 반응열 $\triangle H$이다.

문 제

1. 화학반응속도에 미치는 농도의 영향과 온도의 영향에서 같은 점은 무엇이고 다른 점은 무엇인가?
2. 다음의 문장에서 옳고 그른것을 가르고 틀린것을 고쳐라.
   ㄱ) 반응물의 농도가 커지면 반응속도가 떠지고 온도를 높이면 반응속도가 빨라진다.

ㄴ) 반응물의 농도를 높일 때와 온도를 높일 때 다같이 반응속도가 빨라진다.

ㄷ) 반응물의 농도를 높일 때에는 총 분자수에 비례하여 활성분자수가 늘어난다.

ㄹ) 반응물의 농도를 높일 때는 분자의 총수에는 관계없이 활성충돌수가 많아진다.

ㅁ) 온도를 높일 때는 활성분자의 비률이 커진다.

ㅂ) 온도를 높일 때 분자수에 비례하여 활성분자수가 많아진다.

ㅅ) 활성화에네르기를 가진 분자가 활성분자이다.

ㅈ) 분자들사이에 충돌수가 많으면 활성충돌수도 많아진다.

3. 어떤 화학반응속도는 온도가 10℃씩 높아질 때마다 4배씩 빨라진다. 이 반응의 온도를 30℃ 더 높이면 반응속도는 몇배나 빨라지겠는가? (답. 64배)

4. 반응 $CO + NO_2 = CO_2 + NO$; $\triangle H$=-226kJ의 활성화에네르기는 138kJ/mol이다. 이것에 기초하여 그림 1-6과 같은 반응의 에네르기고개를 그려라.

제4절. 화학반응속도에 미치는 촉매와 빛의 영향

화학반응속도는 촉매와 빛의 영향도 받는다.

촉매의 영향

실험실에서 산소기체를 만들 때에는 염소산칼리움 $KClO_3$을 열분해시킨다. 이때 촉매로 이산화망간 MnO_2을 쓰면 반응이 빨리 일어난다.

여기에서 MnO_2은 이 반응의 촉매이다. 촉매가 반응속도를 빠르게 하는 작용을 촉매작용이라고 부른다.

ⓘ 촉매란 무엇인가?

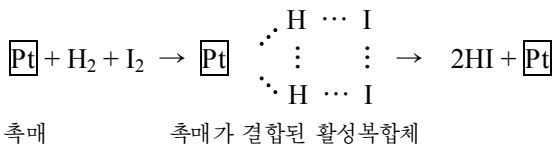
촉매가 반응속도를 빠르게 하는것은 무엇때문인가.

수소와 요드증기사이의 반응 $H_2+I_2=2HI$는 보통온도에서는 거의 일어나지 않는다. 그것은 활성화에네르기가 168kJ/mol이나 되는

높은 에네르기고개를 넘어야 하기때문이다. 그러나 여기에 백금가루를 조금만 넣으면 반응은 매우 빠른 속도로 일어난다.

이것은 백금을 결합한 활성복합체가 이루어지면서 에네르기고개가 낮은 반응길을 마련해주기때문이다. 결국 촉매가 결합된 활성복합체의 에네르기가 촉매가 없을 때의 활성복합체의 에네르기보다 훨씬 작은것과 관련된다.(그림 1-7)

$$\boxed{\mathrm{Pt}} + H_2 + I_2 \rightarrow \boxed{\mathrm{Pt}} \begin{matrix} H \cdots I \\ \vdots \quad\; \vdots \\ H \cdots I \end{matrix} \rightarrow 2HI + \boxed{\mathrm{Pt}}$$

촉매　　　　　　촉매가 결합된 활성복합체

백금촉매를 쓰는 경우에 이 반응의 활성화에네르기는 59kJ/mol로 낮아진다.

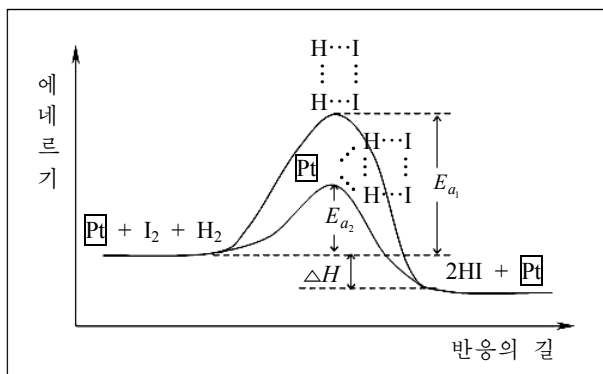



그림 1-7. 촉매가 없는 반응과 촉매가 있는 반응의 활성화에네르기

이와 같이 촉매는 활성화에네르기를 낮추어 보통분자도 활성분자로 되게 한다. 따라서 활성충돌수가 많아지게 되고 반응속도는 빨라진다.

촉매란 반응물과 작용하여 활성화에네르기를 낮추어 반응속도만을 변화시키고 반응후에는 본래대로 되살아나는 물질을 말한다.

※ 촉매의 종류

촉매에는 반응속도를 빠르게 하는것도 있고 반대로 느리게 하는것도 있다. 반응속도를 빠르게 해주는 촉매를 정촉매라고 부르고 반응속도를 느리게 해주는 촉매를 부촉매라고 부른다. 보통 촉매라고 말하는것은 정촉매이다.

촉매는 화학공업에서 여러가지 제품을 만드는 거의 모든 화학반응(약 85%)들에 리용되고있다.

촉매는 활성이 크면서도 될수록 값눅은것이여야 한다.

최근 나노재료를 촉매로 쓰면 화학반응속도와 제품의 거둠률을 훨씬 높일수 있다는것이 밝혀졌다. 나노재료가운데는 촉매활성이 매우 큰것이 있다. 례를 들어 알갱이의 크기가 30nm정도인 나노촉매재료(Ni-Cu-Zn합금)는 보통의 Ni촉매보다 유기화합물의 수소부가반응의 속도를 10배나 더 높인다. 그리고 지난 시기 유기화합물의 탈수소화반응에 쓰던 값비싼 백금(Pt)촉매나 팔라디움(Pd)촉매대신에 알갱이의 크기가 30nm정도인 나노니켈분말을 촉매로 쓰면 반응속도를 15배나 높여준다.

※ 생물촉매-효소

사람의 입안이나 위벽에서는 아밀라제, 리파제, 펩신과 같은 효소가 나온다. 이 효소들은 제가끔 농마, 기름, 단백질과 같은 영양물질이 보다 쉽게 잘 분해되도록 하여주는 촉매이다.

나노재료빛촉매

나노재료를 리용한 반도체빛촉매효과가 발견됨으로써 이것을 환경보호, 수질조절, 유기물분리, 농약손실방지 등 여러 분야에 응용하고있다. 반도체빛촉매로 흔히 쓰이는 나노재료는 TiO_2, Fe_2O_3, CdS, ZnS, PbS, PbSe, $ZnFe_2O_4$ 등이다.

현재 나노TiO_2반도체빛촉매가 보다 효과적으로 쓰이고있다.

자동차바람막이유리나 후사경겉면에 한층의 나노TiO_2막을 도포하면 오염물이나 안개의 작용으로 흐려지는것을 막을수 있다.

나노TiO_2반도체빛촉매효과를 리용하면 메틸알콜수용액으로부터 H_2기체를 얻을수 있다.

빛의 영향

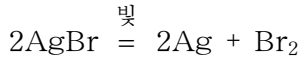
사진필림과 인화지를 검은 종이에 싸서 보관하는것은 빛을 받지 못하게 하기 위한것이다.

화학반응들가운데는 어두운 곳에서는 일어나지 않거나 매우 서서히 일어나던것이 빛을 쪼이면 매우 빨리 일어나는것들이 있다. 례를 들면 수소와 염소와의 반응, 메탄과 염소와의 반응, 브롬화은 AgBr의 분해반응 등이다. 이런 반응들은 빛을 쪼일 때 급속히 일어난다.

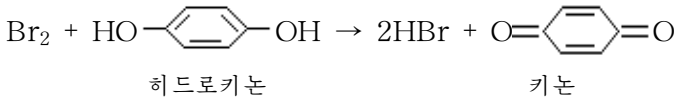
빛에 의하여 일어나는 화학반응을 **빛화학반응**이라고 부른다.

사진을 찍을 때 일어나는 반응이 빛화학반응이다. 흑색사진필림이나 인화지는 AgBr(AgCl, AgI)의 잔알갱이들을 젤라틴용액에 분산시켜 투명수지막이나 종이에 고르롭게 바른것이다.

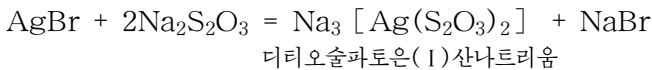
사진을 찍을 때 물체에서 반사되는 빛이 렌즈를 거쳐 필림에 쪼여지면 이 빛에 의하여 브롬화은이 분해된다.

$$2AgBr \overset{빛}{=} 2Ag + Br_2$$

찍은 필림을 현상액(주성분: 히드로키논)에 넣으면 AgBr이 분해되여 생긴 Br_2은 히드로키논과 반응하여 용해되여나오고 은알갱이는 남는다.

$$Br_2 + HO-C_6H_4-OH \rightarrow 2HBr + O=C_6H_4=O$$

히드로키논　　　　　　　　　　키논

이렇게 현상한 필림을 다시 정착액(티오류산나트리움: 일명 하이포)에 넣으면 빛을 받지 않은 부분의 AgBr은 티오류산나트리움과 반응하여 용해되여나온다.

$$AgBr + 2Na_2S_2O_3 = Na_3[Ag(S_2O_3)_2] + NaBr$$

디티오술파토은(Ⅰ)산나트리움

그리하여 필림에는 은알갱이만 검게 남는다. 즉 사진필림에는 물체와는 정반대의 영상 즉 밝은 부분은 검고 어두운 부분은 밝은 영상(음화)이 얻어진다.(그림 1-8 ㄱ)) 말리운 필림밑에 인화지를 놓고 우에서 빛을 비쳐준 다음 인화지를 현상액과 정착액에 순차적으로 넣으면 실지 물체와 같은 영상(양화)이 얻어진다.(그림 1-8 ㄴ))

ⓘ 사진필림의 검은 부분이 인화지에 희게 나타나는것은 무엇때문인가?

ㄱ)

ㄴ)

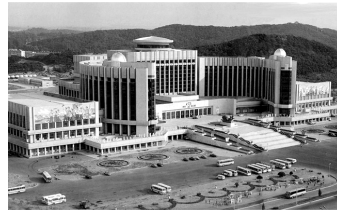
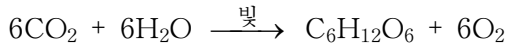



그림 1-8. 필림과 사진

빛화학반응은 풀색식물의 잎에서도 일어난다. 풀색식물에서 일어나는 빛합성은 식물이 빛을 받아 이산화탄소와 물로부터 포도당을 만드는 빛화학반응이다.

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{빛}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

식물의 빛합성과 같은 빛화학반응을 옳게 잘 리용하면 앞으로 포도당도 이산화탄소와 물로부터 공업적인 방법으로 직접 얻을수 있게 될것이다.

문 제

1. 화학반응속도에 미치는 온도와 촉매의 영향에서 같은 점과 다른 점은 무엇인가?
2. 화학반응속도에 미치는 온도와 빛의 영향에서 같은 점과 다른 점은 무엇인가?
3. 촉매가 반응속도를 빠르게 하는 리치에 대하여 아래에서 옳고 그른것을 가르고 설명하여라.
   ㄱ) 촉매가 반응물들이 직접 반응할 때보다 에네르기가 적게 드는 새로운 반응길을 마련해주기때문이다.
   ㄴ) 촉매가 반응물들의 화학결합을 약화시키기때문이다.
   ㄷ) 촉매가 반응물들의 활성분자수를 감소시키기때문이다.
   ㄹ) 촉매가 활성분자들의 충돌수를 늘이기때문이다.
   ㅁ) 촉매가 반응의 활성화에네르기를 크게 하기때문이다.
4. 다음의 말들은 어떻게 다른가?
   ㄱ) 활성분자수와 활성충돌수
   ㄴ) 열에네르기와 빛에네르기

5. 반응속도에 미치는 빛의 영향과 관련하여 다음의 물음에 대답하여라.

ㄱ) 모든 화학반응의 속도가 빛을 쪼여주면 빨라지는가?

ㄴ) 온도를 높일 때 반응속도가 빨라지는것과 같은가?

ㄷ) 촉매를 쓸 때 반응속도가 빨라지는것과 같은가?

제5절. 화학평형

화학평형이란 무엇이며 그것이 어떤 화학반응에서 이루어지는가.

가역반응과 비가역반응

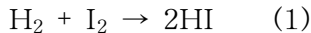
화학반응들가운데는 끝까지 일어나는것도 있고 그렇지 못한것도 많다. 례를 들어 염소산칼리움의 분해반응이나 생성물로 기체나 침전물, 약전해질이 생기는 이온교환반응들은 끝까지 일어난다.

그러나 수소와 요드와의 반응, 수소와 질소가 화합하여 암모니아가 생기는 반응, 이산화류황과 산소가 화합하여 삼산화류황이 생기는 반응 등은 끝까지 일어나지 않는다.

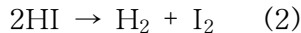
왜 화학반응이 끝까지 일어나지 않는가.

닫긴 유리그릇에 수소와 요드증기를 1mol씩 넣고 약 400℃로 열을 주면 요드증기의 보라색이 점점 연해진다.

이것은 H_2와 I_2가 반응하여 색없는 HI로 되기때문이다.

$$H_2 + I_2 \rightarrow 2HI \qquad (1)$$

H_2와 I_2가 전부 반응하여 HI로 된다면 I_2의 보라색이 완전히 없어질것이다. 그러나 아무리 오래동안 반응시켜도 보라색이 완전히 없어지지 않는다. 이것은 I_2의 일부만이 반응한다는것을 보여준다.

이번에는 닫긴 유리그릇에 1mol의 HI를 넣고 같은 온도로 열을 주면 보라색이 나타난다. 이것은 HI가 열분해되여 H_2와 I_2를 만들기때문이다.

$$2HI \rightarrow H_2 + I_2 \qquad (2)$$

반응 (1)과 (2)는 언제나 함께 일어난다. 반응 (1)이 일어나 생성물인 HI가 생기면 그것이 반응 (2)를 일으킨다.

반응 (1)에서처럼 반응물이 생성물로 넘어가는 반응을 정반응이라고 부르며 반응 (2)에서처럼 생성물이 다시 반응물로 되돌아가는 반응을 역반응이라고 부른다.

정반응과 역반응이 함께 일어나는 반응을 가역반응이라고 부른다.

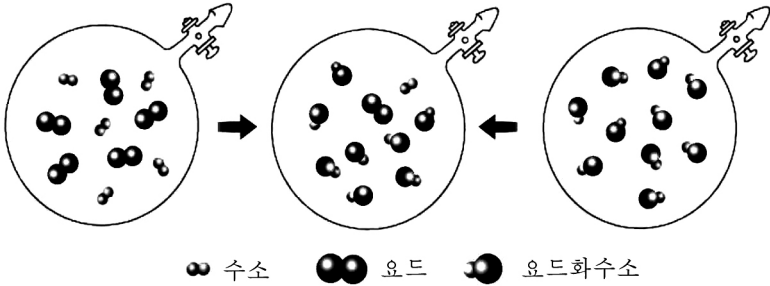



그림 1-9. 요드화수소의 형성과 분해

질소와 수소가 반응하여 암모니아가 생기는 반응과 이산화류황과 산소가 반응하여 삼산화류황이 생기는 반응은 가역반응이다.

화학반응의 거의 대부분은 가역반응이다. 염소산칼리움의 열분해반응과 같이 정반응만 일어나는 반응을 비가역반응이라고 부른다. 침전물이나 기체가 생기면서 일어나는 이온교환반응들은 모두 비가역반응이다.

화학평형상태

가역반응에서 정반응의 속도와 역반응의 속도를 비교하여보자.

정반응의 속도를 $\vec{v}$, 역반응의 속도를 $\overleftarrow{v}$로 간단히 나타낸다.

반응물의 농도가 큰 처음에는 정반응의 속도 $\vec{v}$가 크다. 시간이 지남에 따라 $\vec{v}$는 점점 떠지고 반대로 생성물의 농도가 커짐에 따라 $\overleftarrow{v}$가 빨라진다.(그림 1-10)

그림 1-10. 시간에 따르는 정반응의 속도와 역반응의 속도

시간이 충분히 지나면 마침내 정반응의 속도와 역반응의 속도가 같아진다. 이때는 마치 반응이 멎은것처럼 보이며 반응물과 생성물의 농도도 변함이 없다. 그러나 실제로는 정반응과 역반응이 계속 일어나고있다. 다만 두 반응속도가 같아졌을뿐이다.

$$\vec{v} = \overleftarrow{v}$$

이와 같이 가역반응에서 정반응의 속도와 역반응의 속도가 같아져 반응물과 생성물의 농도가 더는 변화되지 않고 마치 반응이

멎은것처럼 보이는 상태를 화학평형상태라고 부른다.

화학평형상태는 가역반응에서만 이루어진다.

? 액체의 증발과정에서 바른과정과 거꿀과정은 무엇이며 여기서 평형상태는 어떤것인가?

화학평형상수

매 가역반응마다 화학평형상태를 이룬 반응물과 생성물의 농도는 서로 다르다. 어떤 가역반응은 생성물이 매우 적게 생기고 인차 화학평형상태를 이루기도 하고 또 어떤 가역반응은 생성물이 퍽 많이 생긴 후에 평형상태를 이룬다.

화학평형상태에서 반응물의 농도와 생성물의 농도사이에 어떤 관계가 있는가를 알아보자.

례를 들어 닫긴 그릇에 세가지 기체 H_2, I_2, HI를 섞어넣고 온도를 일정하게 하였다고 하자.

이때 일어나는 반응 $H_2 + I_2 \underset{\text{역반응}}{\overset{\text{정반응}}{\rightleftarrows}} 2HI$에서 정반응의 속도 $\vec{v}$와 역반응의 속도 $\overleftarrow{v}$는 다음과 같다.

$$\vec{v} = \vec{k} c_{H_2} \cdot c_{I_2}$$

$$\overleftarrow{v} = \overleftarrow{k} c_{HI}^2$$

이 반응이 평형상태에 도달하였을 때는 $\vec{v} = \overleftarrow{v}$이므로

$$\vec{k} c_{H_2} \cdot c_{I_2} = \overleftarrow{k} c_{HI}^2$$

이다. 즉

$$\frac{\vec{k}}{\overleftarrow{k}} = \frac{c_{HI}^2}{c_{H_2} \cdot c_{I_2}}$$

그런데 정반응속도상수 $\vec{k}$와 역반응속도상수 $\overleftarrow{k}$의 값은 주어진 온도에서 상수이므로 이 비도 상수이다. $\frac{\vec{k}}{\overleftarrow{k}} = K$라고 하면

$$K = \frac{c_{HI}^2}{c_{H_2} \cdot c_{I_2}}$$

이다. 여기서 K를 화학평형상수라고 부른다.

우의 식에서 알수 있는바와 같이 화학평형상태에서 반응물의

농도적에 대한 생성물의 농도적의 비는 주어진 온도에서 일정하다. 이것을 화학평형법칙(또는 화학평형에 관한 질량작용의 법칙)이라고 부른다. 그리고 이 관계를 나타낸 식을 평형상수식이라고 부른다.

445℃에서 반응 $H_2+I_2 \rightleftarrows 2HI$의 평형상수는 50.3이고 더 낮은 온도인 350℃에서는 66.9이다.

평형상수 K값을 보고 가역반응에서 정반응이 일어난 정도를 알수 있다. K값이 크다는것은 생성물이 더 많이 얻어진 상태에서 평형이 이루어졌다는것을 보여준다.

ⓘ 반응 $H_2+I_2 \rightleftarrows 2HI$의 정반응은 온도가 높을 때 잘 일어나는가 온도가 낮을 때 잘 일어나는가?

ⓘ 반응 $H_2+I_2 \rightleftarrows 2HI$이 445℃에서 평형에 도달하였을 때 $[H_2]=0.064$mol/L이고 $[I_2]=1.064$mol/L, $[HI]=1.872$mol/L였다.
화학평형상수는 얼마인가?

기체반응에서의 화학평형상수

기체반응에서는 화학평형상수를 분압들의 관계식으로 나타내는것이 편리하다. 그것은 기체의 농도가 압력에 비례하므로 농도대신 분압을 쓸수 있기때문이다.

례를 들어 기체반응인 $N_2+3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$의 평형상수는 매 기체성분들의 분압인 P_{N_2}, P_{H_2}, P_{NH_3} 의 관계식으로 나타낸다.

$$K_P = \frac{P_{NH_3}^2}{P_{N_2} \cdot P_{H_2}^3}$$

문 제

1. 다음 말들의 다른 점을 설명하여라.
   ㄱ) 정반응과 역반응
   ㄴ) 정반응속도와 역반응속도
   ㄷ) 가역반응과 비가역반응
   ㄹ) 반응이 멎었다와 반응이 멎은것처럼 보인다.
   ㅁ) 반응속도상수와 화학평형상수

2. 어떤 온도에서 반응 $H_2+Br_2 \rightleftarrows 2HBr$이 평형상태에 도달하였을 때 매 물질의 농도는 c_{H_2} =0.5mol/L, c_{Br_2} =0.1mol/L, c_{HBr} =1.6mol/L와 같다. 이 반응의 평형상수는 얼마이며 수소와 브롬의 처음농도는 각각 얼마인가? (답. K=51.2, c_{H_2} =1.3mol/L, c_{Br_2} =0.9mol/L)

3. 55℃에서 반응 $N_2O_4 \rightleftarrows 2NO_2$의 평형상수는 0.87이다. 이 반응이 평형을 이루었을 때 반응물과 생성물가운데서 어느것의 농도가 크겠는가?

4. 1L들이 닫긴 그릇속에 2mol의 CO와 10mol의 H_2O을 넣고 800℃로 열을 주었을 때 반응 $CO + H_2O_{(기)} \rightleftarrows CO_2 + H_2$의 평형상수는 1이다. CO가 몇%나 CO_2로 변하였겠는가? (답. 83.3%)

5. 화학평형상태에 있는 반응 $N_2O_4 \rightleftarrows 2NO_2$에서 N_2O_4와 NO_2의 농도는 각각 Amol/L, Bmol/L이다.

ㄱ) 이 반응의 평형상수 K는 얼마인가?

ㄴ) 체적을 $\frac{1}{n}$ (n>1)로 압축하였을 때 그 순간의 매 성분농도는 얼마인가?

제6절. 화학평형이동

화학평형상태가 얼마나 오래 유지되는가.

바깥조건이 변하지 않으면 모든 가역반응의 평형상태는 그대로 유지된다. 그러나 바깥조건(농도, 압력, 온도 등)이 변하면 평형상태는 파괴되여 새로운 조건에 맞는 평형상태를 이룬다.

이렇게 가역반응의 한 평형상태가 파괴되여 새로운 다른 평형상태로 넘어가는것을 화학평형이동이라고 부른다.

그러면 바깥조건(농도, 압력, 온도)을 변화시킬 때 화학평형이 어느 방향으로 이동하는가.

농도의 영향

먼저 반응물들가운데서 어느 한 물질의 농도를 높이는 경우를 보자. 례를 들어 가역반응인 $H_2+I_2 \rightleftarrows 2HI$이 평형상태에 있을 때 반응물인 I_2를 더 넣어주면 c_{I_2} 가 커지므로 농도적의 비 $\frac{c_{HI}^2}{c_{H_2} \cdot c_{I_2}}$ 가 그 온도에서

평형상수 K값보다 작아진다. 따라서 c_{I_2} 를 감소시키면서 정반응이 일어나 화학평형은 이동한다. 이렇게 반응물의 농도를 크게 하면 그 농도가 작아지면서 화학평형이 이동한다.

이번에는 반대로 생성물 HI의 농도 c_{HI}를 크게 하면 평형이 어떻게 이동하겠는가.

c_{HI}가 커지면 농도적의 비 $\frac{c_{HI}^2}{c_{H_2} \cdot c_{I_2}}$ 는 평형상수 K값보다 커진다. 따라서 역반응이 일어나 c_{HI}를 감소시키면서 화학평형은 이동한다. 이렇게 생성물의 농도가 커지면 역시 그 농도가 작아지는 방향으로 화학평형이 이동한다. 한마디로 평형상태에 있는 반응물이나 생성물의 농도를 높이면 그것을 낮추는 방향으로 화학평형이 이동한다.

? 반응물들가운데서 어느 한 물질의 농도를 낮추면 화학평형은 어느 방향으로 이동하겠는가?

이 지식은 물질생산에서 중요하게 쓰인다. 례를 들면 석탄의 가스화에서 일산화탄소의 변성반응인 $CO + H_2O_{(기)} \rightleftarrows CO_2 + H_2$을 정반응방향으로 화학평형이 이동되게 하기 위하여 반응물인 수증기를 과잉으로 넣어준다.

압력의 영향

반응전후의 체적변화가 있는 기체반응의 평형상태는 압력의 영향을 받는다. 기체물질의 농도는 압력에 비례하므로 압력의 영향은 본질상 농도의 영향과 같다.

체적변화가 있는 기체반응이 평형상태에 있을 때 반응계의 압력을 높이면 화학평형은 그 압력을 낮추는 즉 기체의 체적이 줄어드는 방향으로 이동한다. 만일 압력을 낮추면 그와 반대이다.

례를 들어 기체반응인 $N_2+3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$에서 압력을 높이면 화학평형은 체적이 줄어들면서 즉 4mol의 반응물(표준조건에서의 체적은 22.4L/mol×4mol=89.6L)이 2mol의 생성물(체적은 44.8L)로 줄어드는 방향으로 이동한다.

참 고 — 기체반응의 평형상태에서 압력과 체적사이관계

일반적으로 기체물질에서는 압력을 높이면 체적이 줄어들고 체적을 줄이면 기체의 압력이 높아진다. 그러나 기체반응에서의 고찰은 다른 측면이다. 체적변화가 있는 기체반응이 평형상태에 있을 때 그것의 압력을 높이는것은 농도를 높이는것과 같으며 따라서 화학평형은 그 농도(압력)를 낮추는 방향으로 이동한다. 농도를 낮춘다는것은 단위체적당 물질량(n) 즉 분자수가 줄어든다는것이다. 그런데 기체반응방정식에서의 결수는 물질량(n)을 나타내므로 결수의 합을 보고 인차 그것을 판단할수 있다. 기체반응에서의 결수는 물질량과 분자수만이 아니라 체적도 나타낸다.

압력을 높일 때 화학평형이 그 압력을 낮추는 방향으로 이동한다는것은 결국 결수의 합이 작아지는 방향 즉 체적이 줄어드는 방향으로 이동한다는것이다.

체적변화가 없는 기체반응의 평형상태는 압력의 영향을 받지 않는다.

이 지식은 체적변화가 있는 기체반응에 기초하고있는 물질생산들에서 중요하게 쓰인다. 례를 들어 기체반응인 $N_2+3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$에 기초하고있는 암모니아생산에서는 암모니아($NH_3$)를 더 많이 생산하기 위하여 합성반응을 높은 압력에서 일으키고있다.

온도의 영향

반응열이 큰 가역반응의 평형상태는 온도의 영향을 받는다. 반응열이 작거나 없는 가역반응의 평형상태는 온도의 영향을 받지 않는다.

어떤 가역반응이 발열반응이라면 정반응은 발열반응이고 역반응은 흡열반응이다.

일반적으로 반응열이 큰 가역반응이 평형상태에 있을 때 온도를 높여주면 화학평형은 그 온도를 낮추는 즉 흡열반응이 일어나는 방향으로 이동한다. 반대로 온도를 낮출 때에는 발열반응이 일어나는 방향으로 화학평형이 이동한다.

(?) $H_2+I_2 \rightleftarrows 2HI$; $\Delta H=-10.4$kJ의 평형상태에서 온도를 높일 때 화학평형이 어떻게 이동하겠는가? 그리고 온도를 높일수록 평형상수 K는 커지는가 작아지는가?

촉매의 영향

촉매는 화학평형의 이동에 영향을 주지 못한다. 촉매는 정반응의 속도와 역반응의 속도를 다같이 빠르게 하므로 다만 화학평형상태가 빨리 이루어지게 할뿐이다.

르 샤뗄리예원리 (평형이동의 원리)

화학평형에 미치는 농도, 압력, 온도의 영향에서 같은 점이 무엇인가.

그것은 바깥조건(농도, 압력, 온도)을 변화시키면 모두 그 조건의 영향을 감소시키는 방향으로 평형이 이동한다는것이다.

① 평형상태에서 어느 한 물질의 농도를 높여주면 그 물질의 농도를 낮추는 방향으로 평형이 이동한다.

② 평형상태에서 반응계의 압력을 높여주면 높여준 압력을 낮추는(체적이 작아지는) 방향으로 평형이 이동한다.

③ 평형상태에서 반응계의 온도를 높여주면 그 온도를 낮추는(흡열반응이 일어나는) 방향으로 평형이 이동한다.

한마디로 가역반응이 평형상태에 있을 때 농도, 압력, 온도와 같은 바깥조건을 변화시키면 그 조건의 영향을 감소시키는 방향으로 화학평형이 이동한다. 이것을 르 샤뗄리예원리라고 부른다. 이 원리는 화학평형이동만이 아니라 물리적과정들의 평형이동에도 다같이 적용되는 일반원리이다.

(?) 높은 온도에서 물이 더 잘 증발하는 리유는 무엇인가?

화학평형이동과 평형상수 K사이의 관계

① 평형이동에 미치는 농도와 압력의 영향은 주어진 온도에서 평형상수 K값은 변하지 않고 반응물의 농도적과 생성물의 농도적의 비가 변하는것으로 하여 화학평형이 이동하는것이다.

② 평형이동에 미치는 온도의 영향은 온도의 변화에 따라 평형상수 K값이 달라지는것으로 하여 화학평형이 이동하는것이다.

문 제

1. 화학평형의 이동에 미치는 농도와 압력의 영향에서 같은 점과 다른 점은 무엇인가?
2. 화학평형의 이동에 미치는 농도와 온도의 영향에서 같은 점과 다른 점은 무엇인가?
3. 다음의 기체반응이 평형상태에 있다.

$$2NO + O_2 \rightleftarrows 2NO_2; \quad \Delta H = -113kJ$$

반응조건을 다음과 같이 변화시키면 화학평형이 어느 방향으로 이동하겠는가?

ㄱ) O_2의 농도를 높인다.

ㄴ) 압력을 높인다.

ㄷ) NO_2의 농도를 낮춘다.

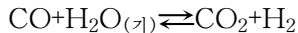
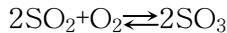
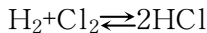
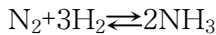
ㄹ) 온도를 높인다.

4. 다음의 기체반응들이 평형상태에 있을 때 압력의 영향을 받는것과 받지 않는것을 가려내고 그 원인을 말하여라.

$$N_2+3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$$

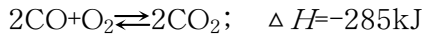
$$H_2+Cl_2 \rightleftarrows 2HCl$$

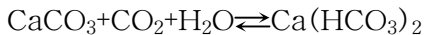
$$2SO_2+O_2 \rightleftarrows 2SO_3$$

$$CO+H_2O_{(기)} \rightleftarrows CO_2+H_2$$

5. 다음의 가역반응들의 화학평형이 생성물이 생기는 방향으로 이동되게 하자면 온도를 높여야 하는가 낮추어야 하는가?

$$C+H_2O_{(기)} \rightleftarrows H_2+CO; \quad \Delta H = +131kJ$$

$$2CO+O_2 \rightleftarrows 2CO_2; \quad \Delta H = -285kJ$$

$$2SO_2+O_{2(기)} \rightleftarrows 2SO_3; \quad \Delta H = -198kJ$$

6. 석회암지대의 동굴은 다음의 가역반응에 의하여 생겨난것이다.

$$CaCO_3+CO_2+H_2O \rightleftarrows Ca(HCO_3)_2$$

ㄱ) 물에 CO_2이 더 많이 용해되였을 때 화학평형은 어느 방향으로 이동하겠는가?

ㄴ) 굴속의 CO_2을 뽑아내면 종유석(굴의 천정에서 내리드리우는 고드름모양의 돌)과 석순(굴의 바닥에서 솟아나는 돌)이 더 잘 자라는 원인은 무엇인가?

제7절. 암모니아생산

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리는 화학비료생산에서 전력을 적게 쓰는 석탄가스화에 의한 암모니아생산방법으로 나아가야 합니다.》

암모니아생산의 원료인 질소(N_2)는 공기에서 갈라내며 수소(H_2)는 석탄을 가스화하거나 물을 전기분해하여 만들며 원유로부터 만들어내기도 한다.

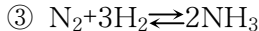
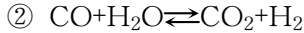
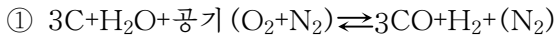
우리 나라에서 많이 나는 무연탄과 갈탄을 가스화하여 수소를 얻고 그것으로 암모니아를 생산하는 방법은 전력을 적게 쓰면서도 화학비료를 더 많이 생산할수 있게 하는 훌륭한 방법이다.

위대한 수령 **김일성**대원수님과 위대한 령도자 **김정일**대원수님의 현명한 령도에 의하여 우리 나라에는 석탄가스화에 의한 암모니아생산기지가 훌륭히 세워졌다.

석탄가스화에 의한 암모니아생산은 다음과 같은 세가지 화학반응에 기초하여 이루어진다.

① $3C+H_2O+$공기$(O_2+N_2) \rightleftarrows 3CO+H_2+(N_2)$

② $CO+H_2O \rightleftarrows CO_2+H_2$

③ $N_2+3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$

암모니아생산공정은 크게 두 단계로 볼수 있다.

석탄가스화와 일산화탄소의 변성

일산화탄소(CO)와 수소(H_2)를 만드는 석탄가스화반응은 가스발생로에서 일어난다. 가스발생로의 빨갛게 단 탄층에 산소를 섞은 공기(O_2, N_2)와 수증기를 불어넣는다. 이때 반응 ①이 일어난다.

이 반응은 고체와 기체사이의 반응이므로 고체인 석탄을 분쇄하여 반응시킨다.

가스발생로에서 나온 기체혼합물(CO, H_2, N_2)을 정제하여 변성장치로 보낸다. 변성장치에서는 반응 ②가 일어나면서 CO가 CO_2로 되고 H_2가 생긴다. 이 반응을 CO의 변성반응이라고 부른다.

반응 ②는 가역반응이며 체적변화가 없는 기체반응이다. 그러므로 평형이 압력의 영향은 받지 않는다.

이 반응의 화학평형을 정반응방향으로 이동시키기 위하여 반응물인 수증기를 과잉으로 넣어준다. 그리고 촉매(Fe_2O_3)를 쓴다.

? 촉매는 왜 쓰는가?

변성공정에서 나오는 기체혼합물(CO_2, H_2, N_2)속의 CO_2를 갈라내고 나머지 H_2와 N_2(공기에 들어있던것)는 암모니아합성원료로 쓴다.

암모니아합성

암모니아합성반응 ③은 합성탑에서 일어난다. 암모니아합성반응 ③은 가역반응이며 체적변화가 있는 기체반응이다. 그러므로 이 반응의 평형을 정반응방향으로 이동시키려면 압력을 높이면서 생성물인 암모니아를 제때에 꺼내여 그 농도를 낮추어야 한다.

? 생성물인 암모니아를 꺼내면 왜 정반응이 더 잘 일어나는가?

그리고 암모니아합성반응의 속도를 빠르게 하기 위하여 촉매(Fe)를 쓰며 최적온도를 적용한다.

공장들에서는 암모니아합성반응을 40~50MPa(고압법)의 압력과 최적온도인 450~500℃를 보장하면서 철촉매를 써서 진행시키며 만들어진 암모니아를 제때에 분리시켜 꺼내고있다. 이렇게 하고도 반응하지 않고 남아있는 질소와 수소는 다시 순환시켜 합성탑으로 보낸다. 이것은 원료를 최대한으로 리용하여 제품의 거둠률을 높이기 위한것이다.

참고 — 합성탑에서 암모니아의 거둠률

암모니아합성반응에서 압력을 높일수록 평형을 정반응방향으로 이동하여 암모니아의 거둠률이 커진다. 례를 들어 500℃인 조건에서 압력이 10MPa인 때는 거둠률이 11%이지만 60MPa인 때는 42%나 된다. 압력을 높일수록 거둠률이 커져서 좋기는 하지만 그런 높은 압력에 견디는 장치를 만들기 어려우므로 압력을 40~50MPa정도로 한다. 이때 합성탑에서 암모니아의 거둠률은 약 20%정도이다.

암모니아합성과 그 분리 및 반응하지 않은 원료의 순환공정은 그림과 같다.(그림 1-11)

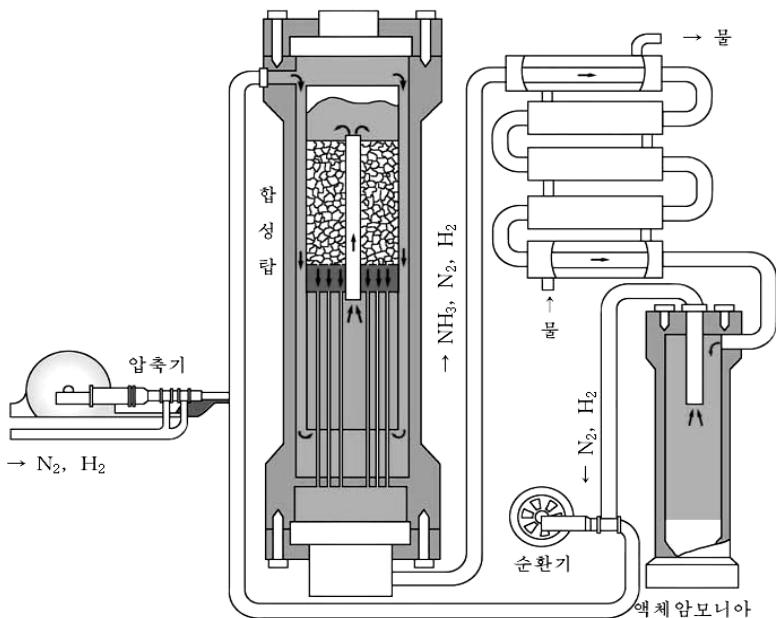



그림 1-11. 암모니아합성과 분리 및 순환공정

암모니아생산의 기본원료는 공기와 물이다

암모니아합성원료인 질소(N_2)는 공기로부터 갈라내며 수소(H_2)는 물에서 얻는다.

① 석탄가스화에 의하여 수소와 질소를 만들 때에는 석탄에 의하여 물(수증기)이 환원되면서 수소가 얻어지고 산소를 섞은 공기가 석탄을 산화시키고 공기에 들어있던 질소가 갈라져나온다. 그리고 일산화탄소의 변성반응에서는 CO에 의하여 물(수증기)이 환원되면서 수소가 얻어진다.

공기를 액화시켜 액체공기를 만든 다음 액체를 증발시켜 질소를 갈라낸다.

② 물을 전기분해하여 수소를 얻는다. 물에 두 전극을 잠그고 직류를 흘러보내면 음극에서 수소기체가 얻어진다.

이렇게 어떤 방법으로 얻어낸것이든 수소와 질소의 근본원천은 공기와 물이다. 화학은 자연계에 가장 흔하게 존재하는 공기와 물을 원료로 하여 암모니아 같은 귀중한 물질을 만들어내는 힘을 가지고있다.

문 제

1. 가스발생로에서는 화학반응속도를 빠르게 하기 위하여 어떤 원리가 적용되였는가?
2. 일산화탄소변성장치에서는 평형상태를 수소가 생기는 방향으로 이동시키기 위하여 어떤 원리가 적용되였는가?
3. 암모니아합성탑에서 반응속도를 빠르게 하고 거둠률을 높이기 위하여 어떤 원리가 적용되였는가?
4. 암모니아합성탑에 불어넣는 질소와 수소기체의 혼합비는 1:3이다. 왜 이렇게 하는가?
5. 암모니아 1t을 생산하는데 드는 질소와 수소기체의 체적(표준조건)은 각각 몇m^3씩인가? (답. 658.8m^3, 1 976.5m^3)
6. 거둠률이 20%라면 질소기체 10m^3로부터 암모니아는 몇m^3 합성되겠는가? (답. 4m^3)

제8절. 류산생산

류산은 화학공업의 기본원료의 하나로서 쓰이는데가 많다.(그림 1-12)

그림 1-12. 인민경제에서 류산의 리용

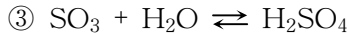
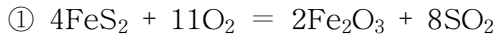
위대한 수령님과 위대한 장군님의 현명한 령도에 의하여 우리 나라에는 류산생산기지들이 튼튼히 꾸려져있다.

류산생산의 기본원료는 SO_2이다. SO_2은 황철광 FeS_2을 태워서 얻거나 제련소들에서 유색금속광물(섬아연광 ZnS나 방연광 PbS)을 태울 때 생기는것을 쓴다.

류산생산은 다음과 같은 세가지 화학반응에 기초하여 이루어진다.

① $4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$

② $2SO_2 + O_2 \rightleftarrows 2SO_3$

③ $SO_3 + H_2O \rightleftarrows H_2SO_4$

류산생산공정은 크게 세 단계로 볼수 있다.

첫 단계-광석태우기

광석인 황철광 FeS_2을 태우는 배소로에서는 반응 ①이 일어난다. 이 반응은 고체와 기체와의 반응이므로 반응속도를 빠르게 하기 위하여 황철광을 가루로 분쇄하여 반응시킨다.

? 고체를 분쇄하여 쓰면 반응속도가 빨라지는 원인이 무엇인가?

그리고 배소로에 불어넣는 공기에는 산소를 더 섞어서 산소가 과잉으로 반응에 참가하게 하여 반응이 더 잘 일어나게 한다. 이 반응의 속도는 온도를 높일수록 커지지만 900℃이상에서는 생성물인 Fe_2O_3이 녹아붙기때문에 가장 적당한 온도(최적온도)인 750~800℃에서 일으킨다.

배소로에서 나오는 가스에는 SO_2밖에 먼지와 O_2와 같은 혼입물이 섞여있다. 혼입물을 없애기 위하여 먼지잡이장치(회리통)와 세척탑을 거친다. 깨끗이 정제한 SO_2은 열교환기에서 440℃정도로 미리 덥혀진 다음 산화기에로 들어간다.

둘째 단계-이산화류황의 산화

이산화류황을 산화시켜 삼산화류황으로 만드는 반응 ②는 산화기에서 일어난다. 가역반응인 이 반응은 체적변화가 있는 기체반응이며 발열반응이다.

? 반응 ②의 평형을 정반응방향으로 이동시키자면 어떻게 하면 되겠는가?

이 반응은 발열반응이므로 될수록 온도를 낮추어야 하지만 온도를 낮추면 반응속도가 떠진다. 그래서 최적온도인 600℃정도로 보장하면서 촉매(V_2O_5)를 쓴다. 촉매를 쓰면 반응속도도 빨라지고 거둠률도 높아진다.

또한 이 반응은 체적이 작아지는 기체반응이므로 압력을 높여야 하겠지만 거둠률이 높기때문에 보통압력에서 일으킨다.

산화기밑으로 나온 600℃정도의 뜨거운 SO_3은 열교환기에 들어가 열을 넘겨주고 흡수탑으로 간다.

접촉촉매

기체반응이나 액체반응에 쓰이는 고체상태의 촉매를 **접촉촉매**라고 부른다. SO_2의 산화반응은 기체반응이며 이 반응에 쓰이는 촉매인 오산화바나디움 V_2O_5은 고체이므로 접촉촉매이다.

접촉촉매를 쓰는 류산생산방법을 **접촉법에 의한 류산생산**이라고 부른다.

셋째 단계-삼산화류황의 흡수

삼산화류황을 물과 반응시켜 류산으로 만드는 반응 ③은 흡수탑에서 일어난다.

이 반응이 잘 일어나자면 액체의 겉면적을 넓혀주어 흡수가 잘 되게 해야 한다. 그러기 위하여 흡수탑안에는 작은 사기고리들을 가득 채워넣는다. 그리고 반응물들의 농도가 커지도록 하기 위하여 액체는 우에서 아래로, 기체는 아래에서 우로 서로 마주흐름(역류)이 일어나게 한다. 이렇게 하면 흡수탑의 아래 부분에서는 새로 들어오는 농도가 큰 SO_3이 반응에 참가하고 웃부분에서는 새로 들어오는 액체의 농도가 커서 반응이 더 잘 일어나게 된다. 그런데 류산생산에서는 액체로 물을 쓰지 않고 짙은 류산을 쓰고있다.

접촉법에 의한 류산생산공정을 그림으로 나타내면 다음과 같다.(그림 1-13)

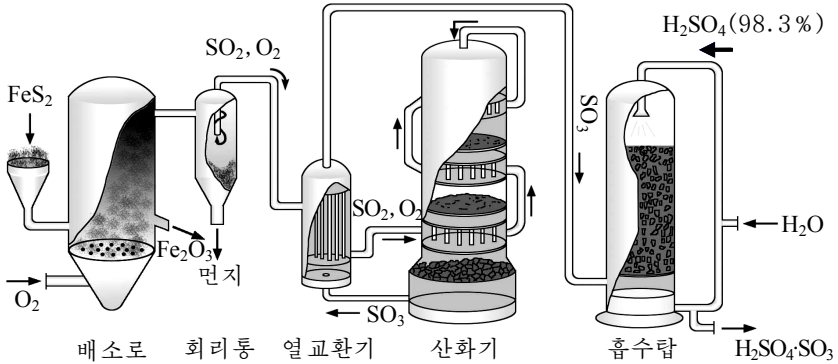



그림 1-13. 접촉법에 의한 류산생산공정

류산생산과정에는 이러저러한 원인으로 SO_2이 새여나와 공기속에 들어간다. 이것은 공기를 오염시키며 공해현상을 일으키게 된다. 그러므로 류산생산공정들에서는 SO_2이 새여나가지 못하게 잡아없애야 한다.

흡수탑우에서 물을 뿌려주면 물과 SO_3이 반응할 때 생기는 열에 의하여 많은 수증기가 생기고 또 생성물인 H_2SO_4도 안개를 만든다. 류산안개는 잘 잡히지 않으므로 굴뚝으로 날아나버린다. 이렇게 되면 거둠률이 낮아진다. 그래서 흡수탑에서는 물이 아니라 짙은 류산을 쓴다.

질은 류산에 SO_3을 흡수시키면 발연류산이 얻어지는데 이것을 물로 희석하여 제품을 얻는다.

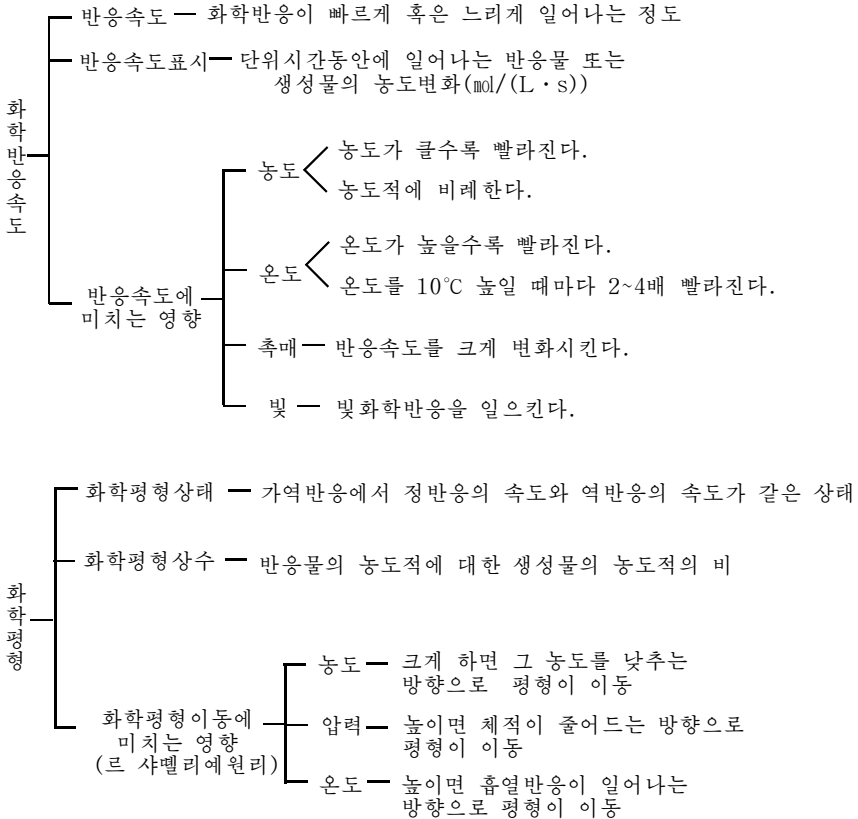
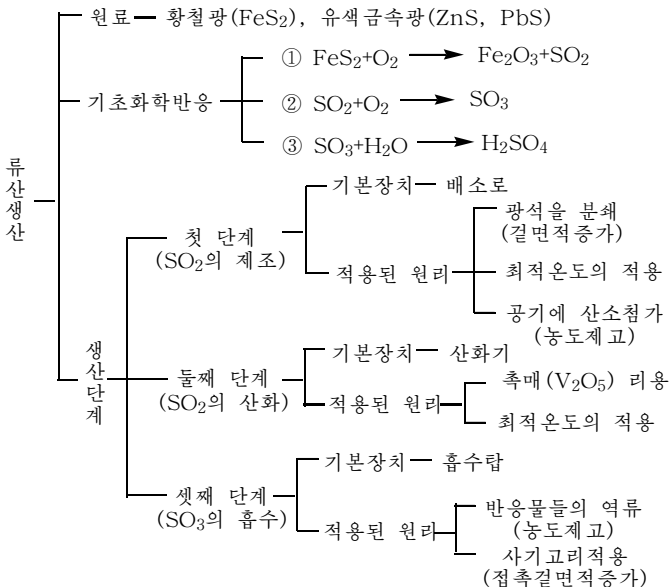
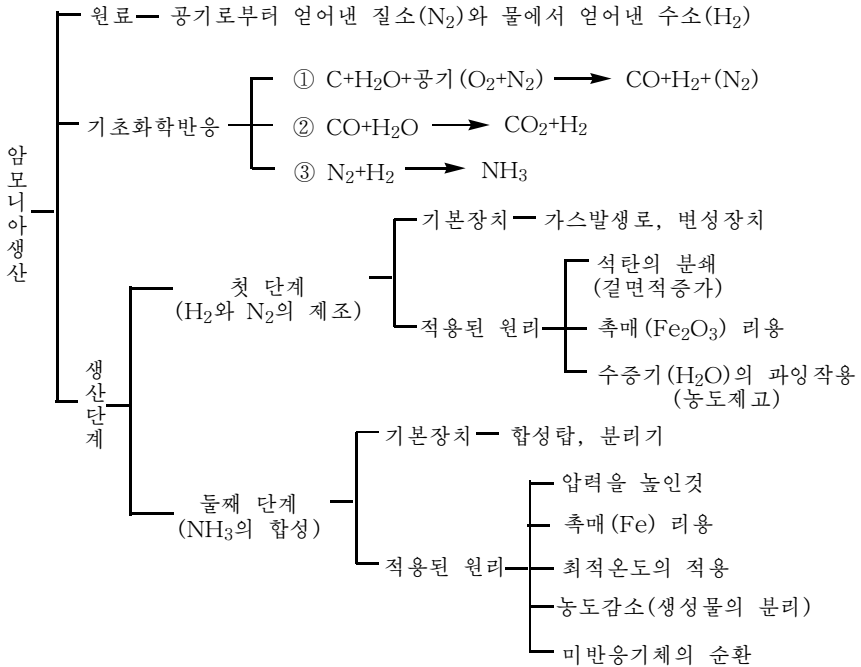
문 제

1. 제련소에서 섬아연광으로부터 류산을 만드는 반응을 화학방정식으로 나타내여라.
2. 배소로에서는 반응속도를 빠르게 하고 거둠률도 높이기 위하여 어떤 원리가 적용되였는가?
3. 산화기에서는 반응속도를 빠르게 하고 거둠률도 높이기 위하여 어떤 원리가 적용되였는가?

4. 흡수탑에서는 반응속도를 빠르게 하고 거둠률도 높이기 위하여 어떤 원리가 적용되였는가?

5. FeS_2이 60% 들어있는 황철광 1t을 태웠을 때 SO_2이 몇㎥(표준조건에서의 체적으로) 생기겠는가? 그리고 이 SO_2을 가지고 98% 류산 몇t이나 만들겠는가? (답. 224m^3, 1t)

장 종 합

- 암모니아생산
  - 원료 — 공기로부터 얻어낸 질소(N_2)와 물에서 얻어낸 수소(H_2)
  - 기초화학반응
    - ① $C+H_2O+$공기$(O_2+N_2) \longrightarrow CO+H_2+(N_2)$
    - ② $CO+H_2O \longrightarrow CO_2+H_2$
    - ③ $N_2+H_2 \longrightarrow NH_3$
  - 생산단계
    - 첫 단계 (H_2와 N_2의 제조)
      - 기본장치 — 가스발생로, 변성장치
      - 적용된 원리
        - 석탄의 분쇄 (겉면적증가)
        - 촉매 (Fe_2O_3) 리용
        - 수증기 (H_2O)의 과잉작용 (농도제고)
    - 둘째 단계 (NH_3의 합성)
      - 기본장치 — 합성탑, 분리기
      - 적용된 원리
        - 압력을 높인것
        - 촉매 (Fe) 리용
        - 최적온도의 적용
        - 농도감소(생성물의 분리)
        - 미반응기체의 순환

복습문제

1. 농도와 온도를 높이거나 촉매를 쓰면 왜 반응속도가 빨라지는가?
2. 염산에 철을 작용시켜 수소기체를 얻으려고 한다. 어떤 조건을 지어주면 수소기체를 더 많이 얻을수 있는가?
3. 어떤 가역반응 A + B $\rightleftarrows$ AB에서 A의 처음농도는 2mol/L였다. 2min후에 반응이 평형에 이르렀다. 이때 A의 농도가 1.5mol/L였다면 이 반응의 속도는 얼마인가? (답. 0.25mol/(L・min))
4. 다음 문장들의 □안에 알맞는 말을 써넣어라.
   ㄱ) 반응물의 농도를 □ 하거나 생성물의 농도를 □ 하면 평형은 정반응의 방향으로 이동한다. 반대로 반응물의 농도를 □ 하거나 생성물의 농도를 □ 하면 평형은 역반응의 방향으로 이동한다.
   ㄴ) 온도를 높이면 평형은 □이 일어나는 방향으로, 온도를 낮추면 평형은 □이 일어나는 방향으로 이동한다.
   ㄷ) 체적변화가 있는 기체반응에서는 압력을 높이면 체적이 □는 방향으로, 압력을 낮추면 체적이 □는 방향으로 □이 이동한다.
5. 어떤 온도에서 가역반응 $H_2 + I_2 \rightleftarrows 2HI$의 평형상수는 50이다. 반응이 시작될 때 요드증기의 농도가 1mol/L였고 평형상태에 이르렀을 때 요드화수소의 농도가 0.9mol/L였다면 반응이 시작될 때 수소의 농도는 얼마였겠는가? (답. 0.479mol/L)
6. 어떤 온도에서 가역반응 $2NO_2 \rightleftarrows N_2O_4$의 평형상수는 7.15이다. 만일 반응이 시작될 때 NO_2의 처음농도가 3mol/L였다면 평형상태에 도달한 후 NO_2의 농도는 얼마인가? (답. 0.424mol/L)
7. 가역반응 $CO + H_2O \rightleftarrows CO_2+H_2$의 평형상수는 427℃에서 9.02이다. 평형상태에서 반응물의 농도적이 크겠는가, 아니면 생성물의 농도적이 크겠는가?
8. 0.54mol의 H_2에 0.99mol의 I_2를 반응시켜 평형상태에 이르렀을 때 HI 1mol이 생겼다. 이 온도에서 평형상수 K는 얼마인가?

   (답. K=51)
9. 다음 가역반응들의 평형이 정반응방향으로 이동되려면 온도와 압력을 어떻게 변화시켜야 하는가?

ㄱ) $N_2+O_2 \rightleftarrows 2NO$;　$\Delta H>0$

ㄴ) $CO+2H_2 \rightleftarrows CH_3OH$;　$\Delta H<0$

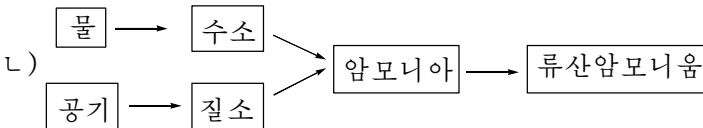
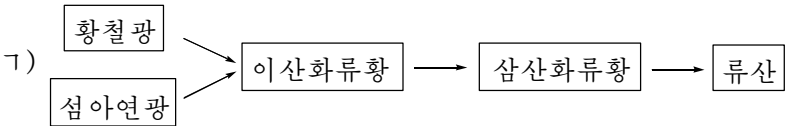
ㄷ) $N_2+3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$;　$\Delta H<0$

10. 질소와 수소가 1:3의 체적비로 들어있는 닫긴 그릇속에서 전기불꽃을 일으키니 암모니아가 조금 생긴 상태에서 평형이 이루어졌다. 다음 이 그릇에 류산을 얼마간 넣고 전기불꽃을 일으키면 평형은 정반응방향으로 이동한다. 다음의 물음에 대답하여라.

ㄱ) 류산을 넣었을 때 평형은 왜 정반응방향으로 이동되였는가?

ㄴ) 질소와 수소가 완전히 반응하였다고 생각하고 그 생성물이 밀도가 1.84g/cm^3인 98% 류산용액 50mL와 남김없이 반응하였다면 수소와 질소가 처음에 몇L(표준조건)씩 들어있었으며 반응그릇에 어떤 물질이 몇g 생기겠는가?

(답. H_2 61.8L, N_2 20.6L, $(NH_4)_2SO_4$ 121.44g)

11. 다음의 변화를 화학방정식으로 나타내고 반응조건을 설명하여라.

12. FeS_2이 60% 들어있는 황철광 100t을 태워 얻어지는 SO_2(표준조건)을 가지고 70% 류산용액을 몇t이나 만들수 있는가? 그리고 이 류산을 가지고 류안은 몇t이나 만들겠는가?

(답. 140t, 132t)

13. 온도를 10℃ 높일 때마다 반응속도가 2배씩 빨라지는 어떤 반응의 속도가 20℃에서 0.04mol/(L·min)이다. 60℃에서 이 반응의 속도는 얼마인가? (답. 0.64mol/(L·min))

14. 표준조건에서의 체적이 0.224L인 암모니아기체를 물 1L에 용해시켰다. 용해된 암모니아의 10%만이 이온으로 해리되였다면 수산이온 OH^-의 농도는 얼마인가?

(답. 0.001mol/L)

제2장. 전해질용액과 콜로이드용액

물은 많은 물질들을 잘 용해시키는 좋은 용매이다. 강물이나 바다물속에는 여러가지 물질들이 많이 용해되여있다. 용해되여있는 물질에는 전해질도 있고 비전해질도 있다. 전해질이 물에 풀려있는 용액을 전해질수용액 간단히 전해질용액이라고 부른다.

이 장에서는 전해질용액과 콜로이드용액의 성질, 그 리용에 대하여 학습하게 된다.

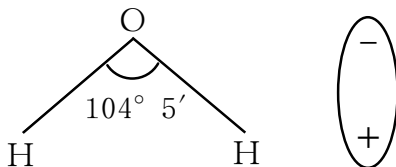
제1절. 전해질용액과 해리

전해질과 그 해리

Ⓠ 전해질에는 어떤 물질들이 속하는가? 실례를 5가지씩 들어보아라.

전해질용액을 통하여 전류가 잘 흐른다는것은 실험과 생활체험을 통하여 잘 알고있다. 그러면 순수한 물이나 사탕물로는 전류가 흐르지 못하는데 소금이나 류산동용액으로는 왜 전류가 잘 흐르는가.

물분자는 전기적으로 +극과 -극을 가지고있는 쌍극자이다. 그것은 물분자에서 산소원자가 두개의 수소원자들과 104° 5′ 의 각을 짓고 결합되여있기때문이다. 그러므로 전기음성도가 큰 산소원자쪽으로 《-》전기중심이 쏠리고 두개의 수소원자가 있는쪽으로 《+》전기중심이 쏠려 물분자는 극성분자로 된다.(그림 2-1)

그림 2-1. 물분자의 모형

참 고 — 아레니우스의 전해질해리설과 이온들의 수화

1887년 스웨리예의 학자 아레니우스는 여러가지 물질들의 용액을 연구하면서 전해질용액으로 전류가 흐르는것은 전해질이 용해될 때 생겨난 이온들이 용액속에 있기때문이라는 결론에 이르렀다.

전해질이 물에 용해되여 이온들로 해리된다는 아레니우스의 전해질해리설이 나온 이후 많은 학자들은 전해질의 해리과정과 수용액속에서 이온의 상태에 대하여 연구하였다. 결국 전해질이 용해될 때 용해되는 물질과 물분자사이에 물리화학적인 작용이 일어나며 용해된 물질이 해리되여 생긴 이온들은 단순한 상태로 존재하지 않는다는것을 밝혀냈다. 즉 용액속에서 이온들은 단순한 이온상태로 있는것이 아니라 몇개의 물분자로 이루어진 《옷을 입고있다.》는것이다. 물분자로 이루어진 이 《옷》을 이온의 수화막이라고 부르며 수화막으로 둘러싸여있는 이온을 수화된 이온이라고 부른다.

이온으로 구성된 물질(이온결정)의 이온에로의 해리는 매우 쉽게 일어난다. 례컨대 소금 NaCl이 용해될 때 결정겉면에 있는 양이온(Na^+)과 음이온(Cl^-)에는 각각 물분자의 반대부호를 가지는 극이 끌려가고 그것들사이에 정전기적끌힘이 작용한다. 이 힘으로 하여 소금결정에서 이온들사이의 결합은 약해지고 마침내 결정으로부터 이온들이 떨어져나와 물속에 골고루 퍼지게 된다. 즉 전해질의 용해과정과 해리과정이 동시에 일어난다고 볼수 있다. 떨어져나온 이온주위에는 물분자들이 둘러싸여 수화막이 형성된다.

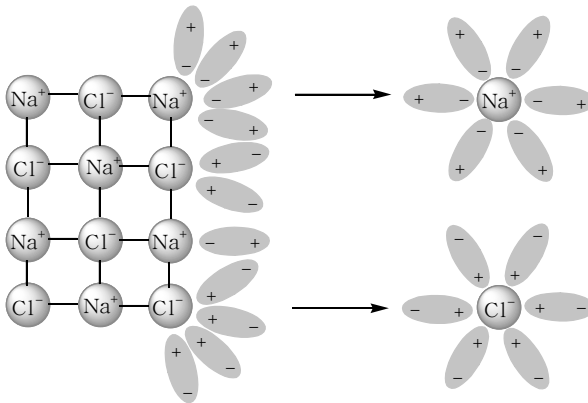
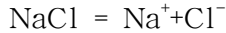



그림 2-2. 소금(NaCl)의 전해질해리모형

이 과정을 다음과 같이 간단히 표시한다.

$$NaCl = Na^{+}+Cl^{-}$$

분자안에 극성공유결합을 가지고있는 물질인 염화수소(HCl)가 물에 용해될 때의 해리과정도 소금의 해리과정과 비슷하게 볼수 있다. 이 경우에는 쌍극자인 물분자의 작용으로 극성공유결합이 이온결합으로 넘어가고 결국 물에 용해되면서 해리된다.(그림 2-3)

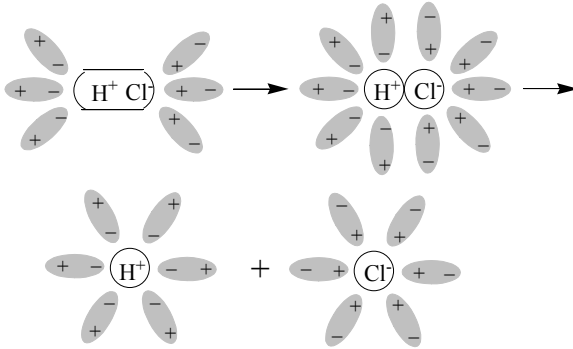
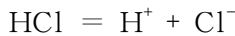



그림 2-3. 염화수소(HCl)분자의 전해질해리모형

이와 같이 극성공유결합을 가지는 염화수소가 물에 용해되여 해리되는 과정을 다음과 같이 간단히 나타낸다.

$$HCl = H^{+} + Cl^{-}$$

Ⓘ 소금과 염화수소의 해리과정은 무엇이 차이나는가? 그림 2-2와 그림 2-3을 보면서 두 물질의 해리과정을 단계별로 나누어 설명하여라.

전해질의 용해도와 해리도

전해질의 용해도와 해리도는 전해질의 종류에 관계되는 중요한 성질이다. 다른 물질과 마찬가지로 전해질의 용해도도 100g의 용매속에 용해되는 전해질의 질량으로 규정된다. 용매가 물인 경우에 전해질의 용해도 단위는 g/(100g물) 즉 100g의 물속에 용해된 전해질의 질량(g)으로 표시된다.

? 20℃에서 물 50g에 18g의 소금이 용해된다면 그가운데서 해리된 량은 얼마인가?

전해질이 용해되면 모두 이온들로 해리되겠는가.

전해질이라고 하여 물에 용해되면 모두 이온으로 해리되는것이 아니다. 소금이나 가성소다와 같은 전해질은 물에 용해될 때 모두 해리되지만 초산이나 개미산 같은 전해질은 물에 잘 용해되기는 하지만 그가운데서 일부만이 이온들로 해리된다.

전해질용액속에서는 이온들이 무질서하게 운동하면서 서로 충돌하여 다시 분자를 이룰수도 있다. 즉 전해질해리의 반대과정도 일어날수 있다. 이렇게 일부 전해질용액속에는 이온과 함께 해리되였던 이온들이 다시 결합하여 생긴 분자들도 존재한다. 그러므로 전해질이 용해되여 잘 해리되는가 잘 해리되지 않는가 하는것을 특징짓기 위하여 해리도(그리스문자 α로 표시)라는 개념을 쓴다.

해리도란 물에 용해된 전해질가운데서 해리된 전해질의 몫을 말한다. 즉

$$해리도(\alpha)=\frac{해리된\ 전해질의\ 분자수}{용해된\ 전해질의\ 분자수}=\frac{해리된\ 전해질의\ 물질량}{용해된\ 전해질의\ 물질량}$$

해리정도는 해리도(α)에 100을 곱하여 %로 나타내기도 한다.

센전해질과 약전해질

전해질의 해리도는 실험적으로 결정한다.

해리도 $\alpha=0$이면 물에 용해된 물질이 전혀 해리되지 않고 분자상태로 존재한다는것을 의미한다. 사탕이나 포도당과 같은 물질은 물에 잘 용해되지만 이온들로 해리되지 않고 분자상태로 용액속에 존재한다.(비전해질) 한편 $\alpha=1$(혹은 100%)이면 물에 용해되여 전부 이온들로 해리된다는것을 의미한다.

서로 다른 전해질들은 해리도도 차이난다.

전해질들은 해리도의 크기에 따라 센전해질과 약전해질로 나눈다. 센전해질의 실례로는 잘 용해되는 염들($NaCl$, KNO_3, $NaNO_3$, KCl, …), 센산들(HCl, HNO_3, H_2SO_4, …), 알카리들($NaOH$, KOH, …)을 들수 있다. 센전해질의 해리도는 1이거나 1에 가깝다.

이와 같이 용액속에서 거의 모두 이온으로 해리하는 전해질을 센전해질이라고 부른다. 약전해질의 실례로는 약산들(H_2S, H_2CO_3, HNO_2, …), 암모니아수($NH_3 \cdot H_2O$) 등을 들수 있다. 약전해질의 해리도는 매우 작으며 0에 가깝다. 다시말하여 약전해질은 수용액속에서 매우 적게 해리되며 대부분이 분자상태로 존재한다. 이와 같이 용액에서 용해된 분자들중 일부만이 이온으로 해리되는 전해질을 약전해질이라고 부른다.

해리도는 전해질의 종류뿐아니라 온도와 농도에도 관계된다. 그러므로 해리도값을 론의할 때에는 온도와 농도를 밝혀준다.(표 2-1)

몇가지 전해질의 해리도(25℃, 0.1㏖/L) 표 2-1

전해질	해리도/%	전해질	해리도/%
개미산	4.24	암모니아수	1.33
불화수소산	8.0	초산	1.32
아질산	7.16	시안화수소산	0.01

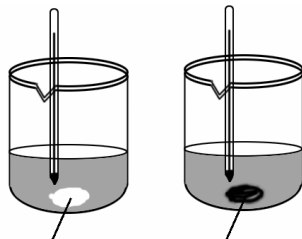
용해과정과 열

용질이 용매에 용해될 때에는 열을 내거나 빨아들인다.

용해과정과 열

흰색의 무수류산동가루와 푸른색의 류산동결정을 각각 물에 용해시키면서 온도가 어떻게 변하는가를 관찰한다.

무수류산동($CuSO_4$)이 물에 용해될 때에는 온도가 올라가고 류산동결정 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$가 용해될 때에는 온도가 내려간다. 이러한 현상이 왜 나타나는가?

류산동결정 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$를 빨리 용해시키려면 가열해야 하겠는가 식혀야 하겠는가? 그 리유를 르 샤뗄리에원리로 설명하여라.

극성분자나 전해질결정이 물에 용해될 때에는 이온에로의 해리가 일어나는데 여기에 필요한 에네르기(열)를 빨아들인다.(해리에네르기)

류산동 1mol이 이온으로 해리될 때에는 11.7kJ의 열을 빨아들인다.

해리된 이온들은 용액속에서 수화되는데 이때에는 이온이 물분자와 결합하여 안정화되므로 열을 내보낸다.

Cu^{2+} 과 SO_4^{2-} 이온이 1mol씩 수화될 때 77.8kJ의 열을 내보낸다.

무수류산동 1mol이 물에 용해될 때에는 이온으로 해리되는 과정과 해리된 이온들이 수화되는 과정이 다 일어난다.

이때 77.8-11.7=66.1(kJ)의 열이 나온다. 그런데 류산동결정 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$에서 이온들은 이미 수화된 상태에 있다고 볼수 있고 그것이 용해될 때에는 이온으로 해리되는 과정만 일어난다고 생각하면 열을 빨아들이는 현상을 설명할수 있다.

전해질 1mol이 용해될 때 이온으로 해리되면서 빨아들이는 열을 $\triangle H_{\text{해리}}$, 이온들이 수화될 때 내보내는 열을 $\triangle H_{\text{수화}}$라고 하면 용해과정에 나타나는 총 열량 즉 용해열 $\triangle H_{\text{용해}}$는 다음과 같이 표현된다.

$$\triangle H_{\text{용해}} = \triangle H_{\text{해리}} + \triangle H_{\text{수화}}$$

이와 같이 물질 1mol이 용해될 때 나드는 열을 **용해열**이라고 부른다.

ⓘ 물에 가성소다 NaOH가 용해될 때에는 수산화칼리움 KOH가 용해될 때보다 더 많은 열이 난다. 이것을 어떻게 설명하겠는가?

[례제] $CaCl_2$의 용해열은 −75kJ/mol이고 해리될 때 빨아들이는 열은 18kJ/mol이다. $CaCl_2$의 수화열은 얼마인가?

풀이. $\triangle H_{\text{용해}} = \triangle H_{\text{해리}} + \triangle H_{\text{수화}}$

$\triangle H_{\text{수화}} = \triangle H_{\text{용해}} - \triangle H_{\text{해리}}$

$\triangle H_{\text{수화}}$ = −75kJ/mol 18kJ/mol = −93kJ/mol

답. −93kJ/mol

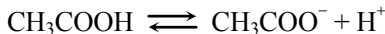
문 제

1. 염화나트리움결정이나 탄산나트리움결정은 전기를 흘러보내지 않지만 그 수용액은 전기를 흘러보내는것은 무엇때문인가?
2. 다음 물질들가운데서 센전해질과 약전해질은 각각 어느것인가?
   ㄱ) 수산화칼시움　　ㄴ) 수산화나트리움
   ㄷ) 수산화철(Ⅲ)　　ㄹ) 수산화아연
   ㅁ) 붕산　　ㅂ) 질산　　ㅅ) 린산
   ㅈ) 류화수소산　　ㅊ) 염산
3. 0.05mol의 고체염화나트리움(소금)을 농도가 각각 0.5mol/L인 아래에 쓴 물질의 용액 100mL에 넣을 때 그 용액의 전도성이 거의 변하지 않는 용액은 어느것인가? 그 리유를 설명하여라.
   ㄱ) HCl　ㄴ) CH_3COOH　ㄷ) $AgNO_3$　ㄹ) KOH
4. 동가루를 묽은 류산에 넣어 가열할 때 화학변화는 없었다. 어떤 염을 넣은 다음 동가루의 질량이 줄어들고 용액은 푸른색으로 변하였고 어떤 기체가 나왔다. 그 염은 아래에 쓴 염들가운데서 어느것인가? 일어나는 반응을 방정식으로 나타내여라.
   ㄱ) 염화나트리움　　ㄴ) 류산철(Ⅲ)
   ㄷ) 탄산수소암모니움　　ㄹ) 질산칼리움

제2절. 해리평형, 물의 이온적

약전해질의 해리과정은 화학평형과 같이 취급할수 있다.
평형이 이루어지는 계는 평형상수값에 의하여 특징지을수 있다.

해리상수

약산인 초산의 해리는 다음과 같은 평형상태로 볼수 있다.

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

이와 같은 해리평형에서 평형상수 $K_{해}$는 다음과 같다.

$$K_{해} = \frac{c_{CH_3COO^-} \cdot c_{H^+}}{c_{CH_3COOH}}$$

여기서 c는 해당 성분의 평형상태에서 농도를 표시한다.

$K_{해}$를 전해질해리상수라고 부른다. 해리상수는 온도에만 의존하는 상수이다.

식에서 보는것처럼 $K_{해}$값이 크다는것은 전해질이 물에 용해되여 해리된 이온의 농도가 크다는것을 의미한다. 그러므로 $K_{해}$값을 비교하는 방법으로 약전해질의 해리정도(전해질의 상대적세기)를 평가할수 있다.

전해질의 상대적세기를 평가하는데서 해리상수 $K_{해}$는 용액의 농도에 의존하지 않는 량이므로 해리도(α)값을 가지고 비교하는것보다 편리하다.

례컨대 25℃에서 초산 CH_3COOH의 해리상수는 1.75×10^{-5}이고 시안화수소 HCN의 해리상수는 4.93×10^{-10}이므로 그것들의 농도를 몰라도 시안화수소산이 초산보다 훨씬 약한 산(약전해질)이라는것을 쉽게 알수 있다.

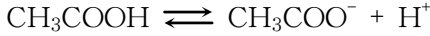
※ 약전해질의 해리는 센전해질의 해리와 달리 가역부호($\rightleftharpoons$)를 써서 나타낸다.

몇가지 약전해질의 해리상수 (25℃)　　표 2-2

전해질의 해리평형식	$K_{해}$
$HClO \rightleftharpoons H^+ + ClO^-$	3.6×10^{-8}
$H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$	1.1×10^{-7}
$HCN \rightleftharpoons H^+ + CN^-$	4.93×10^{-10}
$H_2SO_3 \rightleftharpoons H^+ + HSO_3^-$	1.5×10^{-2}
$H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^-$	7.5×10^{-3}
$CH_3COOH \rightleftharpoons H^+ + CH_3COO^-$	1.75×10^{-5}
$NH_3 \cdot H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$	1.74×10^{-5}

ⓘ 표를 리용하여 전해질의 상대적세기(산의 세기)를 평가하여라.

약전해질의 해리상수와 해리도사이에는 어떤 관계가 있는가.

처음농도가 $c$mol/L인 초산용액의 해리도를 α라고 하면 해리평형상태에서 초산분자와 이온들의 농도(mol/L)는 다음과 같이 쓸수 있다.

$$CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COO^- + H^+$$

해리되기 전 농도 c 0 0

해리평형에서의 농도 $c-c\alpha$ $c\alpha$ $c\alpha$

한편 초산의 해리상수식은 다음과 같이 쓸수 있다.

$$K_{해}=\frac{c_{CH_3COO^-}\cdot c_{H^+}}{c_{CH_3COOH}}=\frac{c\alpha\cdot c\alpha}{c(1-\alpha)}=\frac{c\alpha^2}{1-\alpha}$$

매우 약한 전해질인 경우 α는 1보다 대단히 작다.

따라서 $1-\alpha\approx1$로 볼수 있다. 이 경우에 웃식은 다음과 같이 된다.

$$K_{해}=c\alpha^2 \quad 또는 \quad \alpha=\sqrt{\frac{K_{해}}{c}}$$

$K_{해}$값은 주어진 온도에서 일정하므로 약전해질의 해리도 α는 전해질의 농도의 2차뿌리에 반비례한다. 즉 전해질의 농도가 작을수록 해리도는 커진다.

? 초산은 농도가 얼마일 때 해리도가 1(완전해리)로 되겠는가?

[례제 1] 25℃에서 농도가 0.1mol/L인 초산용액에서 수소이온농도는 얼마인가? $K_{해}=1.75\times10^{-5}$이다.

풀이

$$\alpha=\sqrt{\frac{K_{해}}{C}}=\sqrt{\frac{1.75\times10^{-5}}{0.1}}=1.32\times10^{-2}$$

$$c_{H^+}=c\cdot\alpha=0.1\times1.32\times10^{-2}=1.32\times10^{-3}(mol/L)$$

답. 1.32×10^{-3}mol/L

[례제 2] 어떤 온도에서 농도가 0.2mol/L인 암모니아수의 해리도는 0.934×10^{-2}이다. 식 $K_{해}=\frac{c\alpha^2}{1-\alpha}$과 $K_{해}=c\alpha^2$으로 각각 구한 해리상수값을 비교하여보아라.

풀이. $K_{해,1}=\frac{c\alpha^2}{1-\alpha}=\frac{0.2\times(0.00934)^2}{1-0.00934}=1.75\times10^{-5}$

$K_{해,2}=c\alpha^2=0.2\times(0.00934)^2=1.74\times10^{-5}$

답. 두 결과값은 약 0.6%만큼 차이난다.

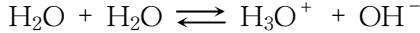
물의 해리와 이온적

순수한 물도 매우 적게 해리된다. 보통온도에서 대략 10억개의 물분자중 2개정도의 물분자가 해리되여있다.

물의 해리평형을 다음과 같이 볼수 있다.

$$H_2O + H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + OH^-$$

간단히

$$H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^-$$

25℃에서 물의 해리상수는 다음 식으로 표현된다.

$$K_{해} = \frac{c_{H^+} \cdot c_{OH^-}}{c_{H_2O}} = 1.8 \times 10^{-16}$$

해리된 물의 농도는 대단히 작으므로 평형상태에서 물의 농도는 처음농도와 같다고 볼수 있다.

ⓘ 물 1L속에는 몇mol의 물분자가 들어있는가?

여기로부터 웃식을 다음과 같이 쓸수 있다.

$$K_{해} \cdot c_{H_2O} = c_{H^+} \cdot c_{OH^-}$$

$K_{해}$는 주어진 온도에서 상수이고 c_{H_2O}도 상수로 볼수 있으므로 $K_{해} \cdot c_{H_2O}$를 새로운 상수 $K_{물}$이라고 표시하면 다음 식이 얻어진다.

$$K_{물} = c_{H^+} \cdot c_{OH^-}$$

즉 $K_{물}$은 물의 해리평형상태에서 수소이온과 수산이온의 농도적이다. 이것을 물의 이온적이라고 부른다.

수용액속에서도 물의 이온적은 일정한 값을 가진다. 즉 수용액속에서 물의 이온적은 물에 용해된 전해질의 종류와 농도에 무관계하며 일정한 값을

온도에 따르는 물의 이온적의 값 표 2-3

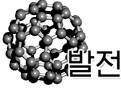
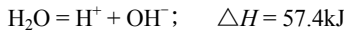
온도/℃	$K_{물}$
10	0.29×10^{-14}
20	0.68×10^{-14}
25	1.01×10^{-14}
30	1.47×10^{-14}

가진다. 물의 이온적값은 온도에 따라서만 변한다.(표 2-3)

25℃에서 물의 이온적값은 약 $1\times10^{-14}(\mathrm{mol/L})^2$이다. 순수한 물에서 해리되여 생긴 수소이온과 수산이온의 농도는 같다. 즉

$$c_{\mathrm{H^+}} = c_{\mathrm{OH^-}} = \sqrt{K_{물}} = 1\times10^{-7}(\mathrm{mol/L})$$

물의 해리반응은 흡열반응이다.

$$H_2O = H^+ + OH^-; \quad \triangle H = 57.4\mathrm{kJ}$$

그러므로 온도를 높여주면 르 샤뗄리예원리에 의하여 열을 빨아들이는 방향 즉 물이 더 많이 해리되는 방향으로 평형이 옮겨진다. 결국 높은 온도에서는 물의 이온적값이 커지고 수소이온과 수산이온의 농도가 커진다.

문 제

1. 25℃에서 시안화수소산의 $K_{해}$값은 4.93×10^{-10}이다. 농도가 0.01mol/L인 시안화수소산의 해리도와 수소이온의 농도는 얼마이겠는가? (답. 2.22×10^{-4}, 2.22×10^{-6}mol/L)

2. 다음의 물질들가운데서 센전해질과 약전해질은 각각 어느것인가?

ㄱ) 붕산　ㄴ) 류산동　ㄷ) 수산화칼시움　ㄹ) 염화은

ㅁ) 수산화칼리움　ㅂ) 암모니아수

3. 어떤 온도에서 농도가 1mol/L인 초산용액의 해리도는 0.001이다. 이 용액에서 매 이온의 농도와 초산분자의 농도, 해리상수는 얼마인가? (답. $c_{\mathrm{CH_3COO^-}} = 0.001\,\mathrm{mol/L}$, $c_{\mathrm{H^+}} = 0.001\,\mathrm{mol/L}$,

$c_{\mathrm{CH_3COOH}} = 0.999\,\mathrm{mol/L}$, $K_{해}=1\times10^{-6}$)

4. 10℃, 30℃의 순수한 물속에서 수소이온과 수산이온의 농도를 구하여라.(표 2-3 참고)

(답. 10℃에서 $c_{\mathrm{H^+}} = c_{\mathrm{OH^-}} = 0.54\times10^{-7}\,\mathrm{mol/L}$

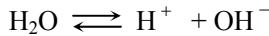
30℃에서 $c_{\mathrm{H^+}} = c_{\mathrm{OH^-}} = 1.21\times10^{-7}\,\mathrm{mol/L}$)

제3절. 수용액속에서 수소이온의 농도, 페하(pH)

수용액속에서는 물의 이온적값이 주어진 온도에서 일정하므로 수소이온의 농도(혹은 수산이온의 농도)만으로 용액의 중성, 산성, 염기성을 나타낼수 있다.

수용액속에서 수소이온의 농도

수용액속에서는 항상 물의 해리평형

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

이 존재한다.

중성용액에서는 수소이온과 수산이온의 농도가 같다.

즉 $c_{H^+} = c_{OH^-}$ 이므로

$$c_{H^+} = \sqrt{K_{물}} = \sqrt{1\times 10^{-14}} = 1\times 10^{-7}\ (mol/L)$$

산성용액은 수소이온의 농도가 수산이온의 농도보다 큰 용액이다. 즉 $c_{H^+} > c_{OH^-}$ 이므로

$$c_{H^+} > 1\times 10^{-7}\ mol/L$$

염기성용액은 수산이온의 농도가 수소이온의 농도보다 큰 용액이다. 즉 $c_{H^+} < c_{OH^-}$ 이므로

$$c_{H^+} < 1\times 10^{-7}\ mol/L$$

수용액의 산성, 염기성(이것을 용액의 액성이라고 부른다.)을 c_{H^+} 로 표시하면 그 값이 매우 작고 쓰기에 불편하다. 그러므로 페하(pH)개념을 받아들인다.

페하(pH)

페하란 수소이온농도의 상용로그의 -값을 말한다. 페하를 pH로 표시한다.

$$pH = -\lg c_{H^+}$$

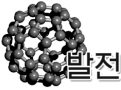
산의 농도 $c_{H^+}=10^{-x}$인 수용액의 pH=x이다. 결국 pH값이 클수록 용액의 산성은 약하고 염기성이 세다는것을 의미한다.

그러므로 산성, 중성, 염기성용액의 pH는 다음과 같다.

산성: pH < 7

중성: pH = $-\lg 1\times10^{-7}=7$

염기성: pH > 7

페하값의 범위는 0-14로 정한다.

수산지수 pOH는 수용액에서 수산이온농도의 상용로그의 -값을 말한다.

$$pOH=-\lg c_{OH^-}$$

수용액에서 $c_{H^+}\cdot c_{OH^-}=1\times10^{-14}$이므로 pOH+pH=14이다.

용액의 산성, 중성, 염기성과 수소이온의 농도 c_{H^+}, 수산이온의 농도 c_{OH^-}, pH사이의 관계를 그림 2-4에 보여주었다.

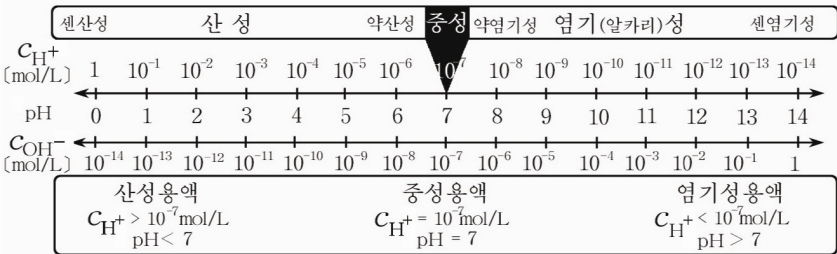



그림 2-4. 용액의 산성, 중성, 염기성과 c_{H^+}, c_{OH^-}, pH와의 관계

ⓘ $c_{OH^-}=1\times10^{-5}$mol/L인 수용액의 c_{H^+}와 pH는 얼마인가?

용액의 pH 알아보기

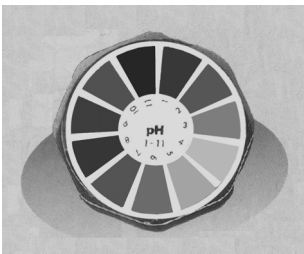
수용액의 pH를 정확히 알아내는것은 공업과 농촌경리의 과학적운영, 환경보호, 과학기술발전에서 중요한 의의를 가진다. 용액

의 pH는 산염기알림약, pH지, pH메터 등을 리용하여 알아낼수 있다. 산염기알림약으로는 일정한 pH구간에서 색갈이 변하는 유기물질들이 주로 리용된다. 알림약의 색갈이 변하는 pH구간을 변색구간이라고 부른다.

몇가지 산염기알림약의 변색구간 표 2-4

산염기알림약	변색구간, pH	색변화
메틸오렌지	3.1~4.4	붉은색-노란색
메틸적	4.2~6.2	붉은색-노란색
리트머스	4.6~8.3	붉은색-푸른색
브롬티몰청	6.0~7.0	노란색-푸른색
페놀프탈레인	8.0~9.8	무색-분홍색

용액의 pH를 알아내는 가장 간단한 방법은 pH지를 리용하는것이다. pH지로는 용액의 pH를 0.5~1단위의 정확도로 알아낼수 있다.(그림 2-5 ㄱ)) pH지는 려지를 여러가지 알림약의 종합용액에 잠그었다가 꺼내서 말린것이다. pH를 알아보려는 용액에 종합pH지쪼각을 잠그었다가 꺼내서 변한 pH지의 색을 표준색카드와 대조하여 용액의 pH를 알아낸다.

용액의 pH를 가장 정확히 알아내는 방법은 pH메터를 리용하는것이다. 정밀한 pH메터는 0.01~0.05단위의 정확도로 용액의 pH를 결정할수 있다.(그림 2-5 ㄴ))

ㄱ)

ㄴ)

그림 2-5. pH지와 pH메터

몇가지 수용액의 pH를 알아본데 의하면 그림 2-6과 같다.

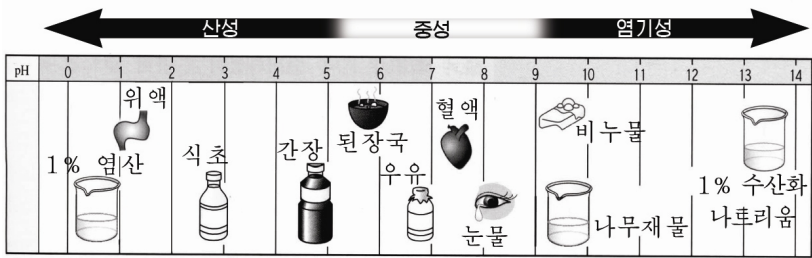



그림 2-6. 몇가지 수용액의 pH

참 고 — 인체의 몇가지 액체의 정상pH

혈액 7.35~7.45	침 6.6~7.1
위액 0.9~1.5	젖 6.6~7.6
열물 7.1~7.3	오줌 4.7~8.4

pH지를 리용하여 회가루물, 식초, 소금물, 맛내기물, 사과즙, 감자즙, 오이즙, 무우즙, 침(타액)의 pH를 알아보아라.

문 제

1. 농도가 0.1mol/L인 HCl용액에서 H^+이온의 농도는 얼마이며 이 용액의 pH는 얼마이겠는가? (답. 1)
2. 다음 용액에서 H^+의 농도와 OH^-의 농도를 계산하고 pH를 밝혀라.
   ㄱ) 0.01mol/L HCl용액   ㄴ) 0.001mol/L NaOH용액
   (답. ㄱ) pH=2 ㄴ) pH=11)
3. 세가지 용액 A, B, C가 있다. A의 pH는 5이고 B에서 $c_{H^+}=10^{-4}$mol/L이며 C에서 $c_{OH^-}=10^{-11}$mol/L이다. 어느 용액의 산성이 가장 센가? (답. C)

4. 몰농도가 같은 다음의 용액에서 pH가 작아지는 차례가 정확한 것을 찾아라.

ㄱ) 탄산나트리움, 탄산수소나트리움, 염화나트리움, 염화암모니움

ㄴ) 탄산나트리움, 탄산수소나트리움, 염화암모니움, 염화나트리움

ㄷ) 탄산나트리움, 염화나트리움, 염화암모니움, 탄산수소나트리움

ㄹ) 탄산나트리움, 염화암모니움, 탄산수소나트리움, 염화나트리움

5. 방온도에서 같은 체적의 산과 염기용액을 혼합한 후 pH는 7보다 작다. 그것은 어떤 산과 염기인가?

ㄱ) pH가 3인 질산과 pH가 11인 수산화칼리움

ㄴ) pH가 3인 염산과 pH가 11인 암모니아수

ㄷ) pH가 3인 류산과 pH가 11인 수산화나트리움

ㄹ) pH가 3인 초산과 pH가 11인 수산화바리움

제4절. 중화적정

적정표준용액(농도를 정확히 알고있는 산이나 염기의 용액)과 산염기알림약을 리용하여 모르는 염기나 산용액의 농도를 알아내는 조작을 중화적정이라고 부른다. 중화적정은 중화반응에 기초하고있다.

? 중화반응의 본질은 무엇인가?

? 산염기알림약은 왜 써야 하는가?

농도를 모르는 염기(알카리)용액에는 산표준용액을, 농도를 모르는 산용액에는 염기표준용액을 방울방울 작용시키면서 반응끝점(중화점)을 찾는다. 중화점을 찾는다는것은 농도를 구하려는 염기 또는 산과 남김없이 반응하는 표준용액의 체적을 알아내는 것을 말한다.

중화반응에서 량적관계

중화반응에서 H^+이온과 OH^-이온의 물질량이 꼭 같으면 이온들이 서로 남김없이 반응한다. 이때 중화점에 이르렀다고 말한다.

몰농도가 같은 1가산인 염산과 1가염기인 가성소다용액이 같은

체적씩 반응하면 중화점에 이른다. 그러나 2가산인 류산용액에 있는 H^+의 물질량은 몰농도와 체적이 각각 같은 가성소다용액에 들어있는 OH^-의 물질량보다 2배 더 많다. 그러므로 중화점에 도달하려면 몰농도가 같은 경우에도 가성소다의 체적은 2배로 되여야 한다.

※ 적정이라는 말은 적정용액을 방울방울 작용시키면서 중화점을 알아낸다는 데서 나온 말이다. 그리고 적정표준용액을 간단히 적정용액 또는 표준용액이라고 부르기도 한다.

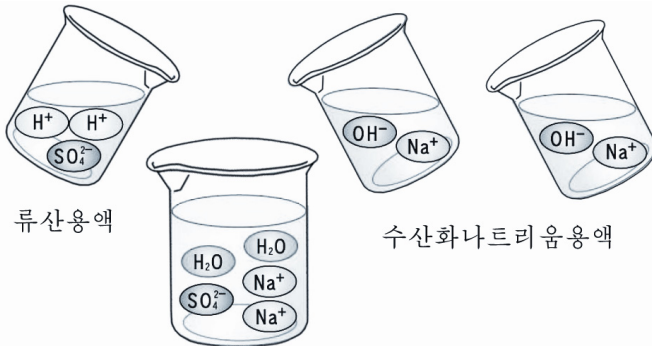



그림 2-7. 중화반응에서 량적관계

한편 두 용액이 같은 체적으로 남김없이 반응하려면 가성소다의 농도가 류산농도의 2배로 되여야 한다. 이로부터 산의 가수를 ν_1, 몰농도를 c_1, 체적을 V_1, 염기의 가수를 ν_2, 몰농도를 c_2, 체적을 V_2이라고 하면 중화점에서 산과 염기의 물질량은 같으므로 다음과 같은 식이 성립된다.

$$\nu_1 \cdot c_1 \cdot V_1 = \nu_2 \cdot c_2 \cdot V_2$$

즉 중화반응에 참가하는 H^+이온의 물질량은 OH^-이온의 물질량과 같다.

농도를 알고있는 NaOH표준용액으로 농도를 모르는 HCl용액을 적정하는 실례를 들어보자.

깨끗이 씻은 뷰레트에 가성소다표준용액을 0눈금보다 1~2cm 더 올라가게 넣고 그것을 뷰레트대에 고정시킨다. 뷰레트아래부분에 있는 코크를 돌려(또는 유리알을 눌러쥐고) 뷰레트아래 뾰족한 부분에

차있는 공기를 뺀 다음 뷰레트안의 표준용액의 액면이 0눈금과 정확히 일치하도록 용액을 방울방울 뽑아낸다. 다음 깨끗한 삼각플라스크에 농도를 결정하려는 염산시료용액 25mL를 홀피페트로 정확히 취하여 넣고 거기에 페놀프탈레인용액 2~3방울을 떨구어넣는다. 다음 시료용액이 들어있는 삼각플라스크를 뷰레트밑에 놓고 그림 2-8에 보여준것처럼 적정조작을 한다. 이때 가성소다표준용액을 방울방울 떨구어넣으면서 삼각플라스크를 잘 흔들어주어 용액이 잘 섞이게 하여야 한다.

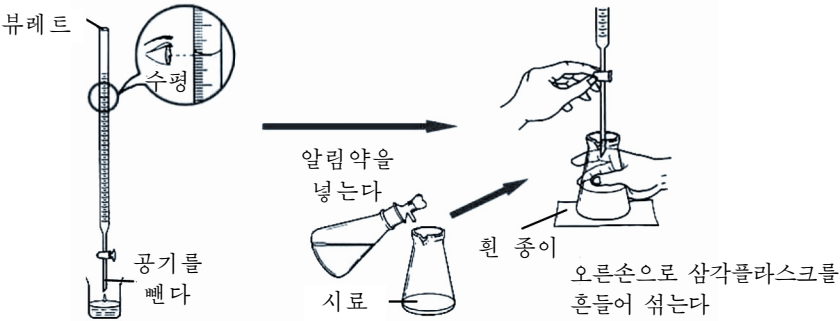



그림 2-8. 중화적정조작

가성소다용액이 들어감에 따라 시료용액속에서 H^+이온의 농도가 점점 작아진다. 적정마감단계에 이르면 가성소다용액이 떨어진 자리에서 분홍색이 나타났다 없어지군 한다. 마지막 한방울에 의하여 용액전체가 분홍색을 띠면 중화점이라는것을 말해준다. 만일 30s전에 용액의 분홍색이 다시 없어지면 표준용액을 1방울 더 넣고 적정을 끝낸다. 다음 뷰레트의 눈금값(액면의 밑부분과 일치하는 눈금값)을 정확히 읽어 적정에 소비된 가성소다표준용액의 체적을 알아낸다. 식 $\nu_1 c_1 V_1 = \nu_2 c_2 V_2$에 의하여 시료용액에서 염산의 농도를 계산한다.

[례제] 농도를 모르는 염산(시료)용액 25mL를 취하여 삼각플라스크에 넣고 페놀프탈레인용액을 2~3방울 넣은 다음 0.1mol/L 가성소다표준용액으로 적정했을 때 중화점에서 소비된 가성소다용액이 20mL였다면 염산의 농도는 얼마인가?

풀이. $c_1 = \frac{\nu_2 c_2 V_2}{\nu_1 V_1} = \frac{1\times0.1\times20}{1\times25} = 0.08(\text{mol/L})$

답. 0.08mol/L

염산용액에 알카리용액을 방울방울 떨구어넣으면서 적정할 때 처음에는 pH가 조금씩 변하다가 pH가 7가까이에 이르면 급격히 변하며 알카리용액을 계속 넣을 때 다시 pH변화는 작아진다. 이와 같이 적정과정에 pH가 변하는 모양을 나타낸 곡선을 중화적정곡선이라고 부른다.(그림 2-9) 중화적정에서 중화점은 pH메터로도 알아낼수 있다.

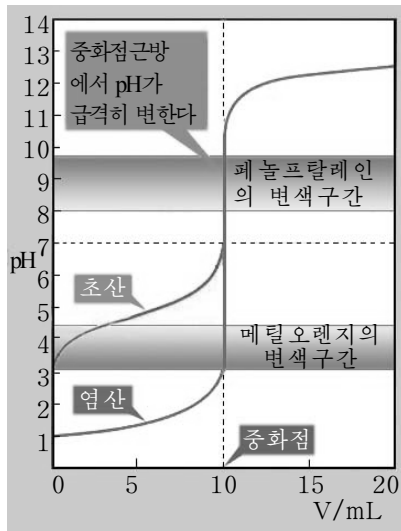



그림 2-9. 중화적정곡선

ⓘ 그림 2-9를 보면서 염산과 초산을 가성소다표준용액으로 적정할 때 어떤 알림약을 쓸수 있겠는가를 생각해보아라. 왜 그런가?

탐구

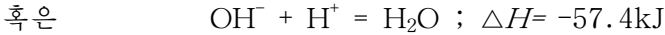
중화적정할 때 표준용액의 농도는 대체로 0.05~0.1mol/L 되는것을 리용한다. 표준용액의 농도가 이보다 훨씬 작거나 클 때에는 어떤 결함이 나타나겠는가? 적정과정을 곰곰히 생각하면서 따져보아라.

중화열

중화반응은 본질에 있어서 H^+이온과 OH^-이온사이의 반응이다.

그러므로 산과 염기가 반응하여 1mol의 물을 만들 때 내는 열량은 산과 염기의 종류에 관계없이 일정하다. 실험에 의하면 1mol/L 염산용액과 1mol/L 수산화나트리움용액이 각각 1L씩 반응할 때 57.4kJ의 열이 나온다는것이 알려져있다.

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O\ ;\ \triangle H = -57.4kJ$$

혹은 $$OH^- + H^+ = H_2O\ ;\ \triangle H = -57.4kJ$$

다른 산과 염기와의 중화반응에서도 꼭같은 량의 열이 나온다.

산과 염기가 중화반응을 하여 1mol의 물을 만들 때 내는 반응열을 중화열이라고 부른다.

문 제

1. 농도가 알려져있지 않는 HCl용액의 농도를 결정하려고 한다. 알림약으로 페놀프탈레인을 쓸 때 표준적정용액은 무엇을 쓰며 그것을 뷰레트에 넣는것이 좋겠는가 삼각플라스크에 취하는것이 좋겠는가? 그 리유를 설명하여라.
2. 농도가 알려지지 않은 류산용액 25.00mL를 취하여 적정하는데 0.1mol/L NaOH표준용액 26.50mL 들었다. 류산용액의 농도는 얼마인가? (답. 0.053mol/L)
3. 묽은 HCl용액과 묽은 HNO_3용액 20mL에 1mol/L NaOH용액을 10.3mL 넣은 결과 완전히 중화되였다. 이 혼합용액에 충분한 량의 $AgNO_3$용액을 넣었을 때 생긴 AgCl침전물을 씻어 말린 결과 그 질량이 0.98g이였다. 이 혼합용액 1L에 들어있는 HCl과 HNO_3은 몇g이였겠는가? (답. HCl:12.5g, HNO_3:10.9g)

제5절. 염의 가수분해

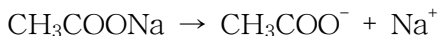
산용액은 산성을, 염기용액은 염기성을 나타낸다. 그런데 염용액도 산성이나 염기성을 나타내는것이 있다.

염의 가수분해

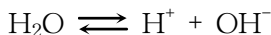
적은 량의 초산나트리움, 류산동, 염화나트리움, 초산동 결정을 증류수가 들어있는 4개의 시험관에 따로따로 넣고 흔들어 용해시킨 다음 pH지로 그 액성을 알아본다.

초산나트리움용액은 염기성을, 류산동용액은 산성을, 염화나트리움과 초산동용액은 중성을 나타낸다. 그러면 왜 염용액이 염기성, 산성 또는 중성을 나타내겠는가.

초산나트리움용액이 염기성을 나타내는 원인을 보자.

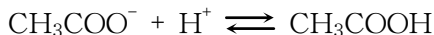
초산나트리움을 물에 풀면 다음과 같이 해리된다.

$$CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^- + Na^+$$

한편 물은 매우 적게 해리되여 평형상태를 이루고있다.

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

결국 초산나트리움용액속에는 H^+, Na^+, CH_3COO^- 및 OH^- 이온들이 있다.

ⓘ 이온교환반응이 일어날수 있는 조건은 무엇인가?

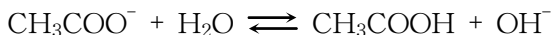
네가지 이온들가운데서 CH_3COO^-이온은 H^+이온과 결합하여 약전해질인 초산분자 CH_3COOH를 만든다.

$$CH_3COO^- + H^+ \rightleftharpoons CH_3COOH$$

이 반응도 평형상태에 이른다.

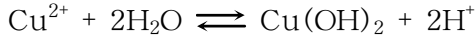
ⓘ OH^-이온은 Na^+이온과 왜 결합하지 않는가?

우의 반응에 의하여 수용액속에서 H^+이온의 농도는 줄어들게 되고(CH_3COO^-이온과 결합하므로) 물의 해리평형은 줄어든 수소이온 H^+이 더 많이 생기는 방향으로 옮겨지게 된다. 결국 초산나트리움용액속에는 H^+이온보다 OH^-이온이 더 많아지게 된다.

이 변화를 이온방정식으로 나타내면 다음과 같다.

$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$$

방정식에서 보는것처럼 초산나트리움용액이 염기성을 띠는것은 이 염이 해리되여 생긴 CH_3COO^-이온과 물이 반응하여 적게 해리되는 초산분자와 OH^-이온이 생겼기때문이다. 이와 같이 염이 해리되여 생긴 이온이 물과 반응하여 약전해질이 생기는 반응을 염의 가수분해라고 부른다.

류산동용액이 산성을 나타내는것은 무엇때문인가. 그것은 류산동용액에 들어있는 Cu^{2+}이온이 물과 반응하여 약전해질 $Cu(OH)_2$과 H^+이온이 생겼기때문이다.

$$Cu^{2+} + 2H_2O \rightleftharpoons Cu(OH)_2 + 2H^+$$

ⓟ 초산나트리움과 류산동용액에서 일어나는 가수분해의 같은 점과 다른 점은 무엇인가?

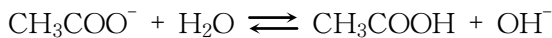
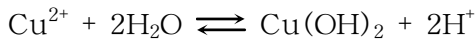
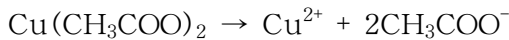
가수분해과정을 보면 물과 반응하여 약산(약전해질)인 초산을 만드는 이온이 들어있는 염(초산나트리움)이 가수분해된다.

또한 물과 반응하여 약염기(약전해질)인 수산화동을 만드는 이온이 들어있는 염(류산동)이 가수분해된다. 이와 같이 물과 반응하여 약산이나 약염기를 만드는 음이온이나 양이온이 들어있는 염이 가수분해된다.

초산동용액은 왜 중성을 나타내는가. 초산동은 물과 반응하여 약산과 약염기를 만드는 양이온과 음이온이 다 들어있으므로 가수분해된다.

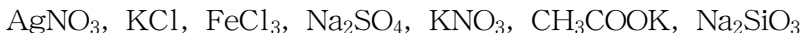
$$Cu(CH_3COO)_2 \rightarrow Cu^{2+} + 2CH_3COO^-$$

$$Cu^{2+} + 2H_2O \rightleftharpoons Cu(OH)_2 + 2H^+$$

$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$$

그러므로 가수분해결과에 생긴 약염기와 약산의 세기에 따라 용액은 산성 또는 염기성을 띨수 있다. 초산동용액이 중성을 나타내는것은 그것이 가수분해되여 생긴 초산의 산으로서 세기와 수산화동의 염기로서의 세기가 비슷하기때문이다.

염화나트리움용액이 중성을 띠는것은 Na^+이온과 Cl^-이온이 물과 반응하지 않기때문이다. 즉 염화나트리움은 가수분해되지 않는다.

ⓟ 다음의 염들가운데서 가수분해되는것을 고르고 이온방정식으로 표시한 다음 용액의 성질(액성)을 밝히여라.

$AgNO_3$, KCl, $FeCl_3$, Na_2SO_4, KNO_3, CH_3COOK, Na_2SiO_3

이와 같이 염용액이 산성을 띠는가 염기성을 띠는가 혹은 중성인가 하는것은 염의 가수분해결과에 생기는 약산 또는 약염기의 세기에 따른다. 그리고 센산과 센염기가 반응하여 이루어진 염은 가수분해되지 않으므로 그 용액은 중성이다.

탐구

염의 가수분해반응은 이온과 물사이 반응과 함께 물의 해리평형을 이동시킨다. 용액의 온도를 높여주면 염의 가수분해반응은 어떻게 되겠는가?

염의 가수분해평형은 H^+이온이나 OH^-이온의 농도를 변화시키면 옮겨진다. 이 현상은 가수분해되는 염용액을 만들 때 리용된다.

례컨대 $FeCl_3$용액을 만드는 경우 순수한 $FeCl_3$을 증류수에 풀고 열주면 염의 가수분해결과 $Fe(OH)_3$침전물이 생긴다.

$$FeCl_3 + 3H_2O = Fe(OH)_3\downarrow + 3HCl$$

생성물인 $Fe(OH)_3$침전물때문에 맑은 $FeCl_3$용액을 얻을수 없다. 만일 용액에 염산용액을 조금 넣어주면 평형은 왼쪽으로 옮겨지면서 $Fe(OH)_3$이 풀리고 깨끗한 $FeCl_3$용액이 만들어진다.

? 어떤 염용액을 풀 때 이와 같은 수법을 쓸수 있겠는가? 실례를 들어보아라.

문제

1. 농도가 같은 CH_3COOH와 CH_3COONa용액이 있다. 어느 용액에 CH_3COO^-가 더 많이 들어있겠는가?
2. 다음의 물질들가운데서 그 수용액의 pH가 7보다 큰것은 ( )이다. 가수분해반응을 이온방정식으로 써라.
   ㄱ) NH_4Cl ㄴ) Na_2CO_3 ㄷ) K_2SO_4
   ㄹ) $(NH_4)_2SO_4$ ㅁ) KNO_2
3. 가수분해되는 염과 가수분해되지 않는 염을 가르고 가장 심하게 가수분해되는 염을 지적하여라.
   ㄱ) $NaCl$ ㄴ) NH_4Cl ㄷ) $(NH_4)_2SO_4$ ㄹ) CH_3COONH_4
   ㅁ) KNO_3 ㅂ) K_2SO_4 ㅅ) KNO_2 ㅇ) $NaNO_2$

제6절. 콜로이드용액

진용액과 콜로이드용액

ⓘ 전해질인 소금이나 류산동용액속에는 어떤 용질알갱이들이 골고루 퍼져있는가?

ⓘ 비전해질인 사탕이나 알콜용액속에는 어떤 용질알갱이가 골고루 퍼져있는가?

보통 전해질이나 비전해질용액속에 들어있는 이온과 분자들의 크기는 대체로 0.1~1nm정도이고 일부 큰 분자들은 10nm나 되는것도 있다. 이와 같이 용질알갱이들이 이온이나 분자상태로 풀려있는 용액을 진용액이라고 부른다.

용액에는 용질인 이온이나 분자들이 수백, 수천개씩 결합되여 보다 큰 알갱이를 이루고있는것들도 있다. 용질알갱이의 크기가 1~100nm사이에 있고 알갱이가 특이한 구조를 가진 용액을 콜로이드용액이라고 부른다. 그리고 용질알갱이가 100nm보다 더 큰 용액을 거친용액[현탁액(례: 진흙물), 유탁액(례: 우유) 등]이라고 부른다.

진용액은 매우 안정하며 오래동안 놓아두어도 용매와 용질이 갈라지지 않는다. 그러나 거친용액은 오래 놓아두면 용매와 용질이 갈라지는데 이것은 불안정한계라는것을 의미한다.

용질알갱이의 크기가 거친용액과 진용액사이에 있는 콜로이드용액은 용질알갱이의 크기와 그것의 특이한 구조로 하여 비교적 안정하게 존재하지만 열을 주거나 다른 용액과 섞을 때에 쉽게 파괴된다.

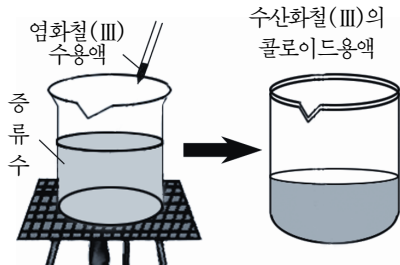
콜로이드용액에서 콜로이드알갱이는 복잡하고 특이한 구조를 가지고있으며 콜로이드용액의 종류에 따라 구조도 다르다.

콜로이드용액을 졸이라고도 부른다.

콜로이드분산계와 나노재료

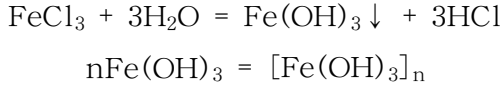
콜로이드용액에서 콜로이드분산질(알갱이)의 크기는 1~100nm정도로서 나노재료알갱이의 크기와 맞먹는다. 그러나 콜로이드분산계는 콜로이드알갱이와 분산매인 용매가 같이 있는 조건에서만 비교적 안정하게 존재하며 분산매와 콜로이드알갱이가 갈라진 조건에서는 곧 응집하거나 자기의 고유한 성질을 나타내지 않는다. 그러나 나노재료는 개별알갱이의 크기가 수~수십nm범위에 있는 물질로서 개별알갱이의 크기는 콜로이드용액에서 용질알갱이의 크기와 비슷하지만 콜로이드용액의 성질과는 많이 구별된다. 나노재료는 졸상태물질로부터도 얻을수 있다.

콜로이드용액의 만들기

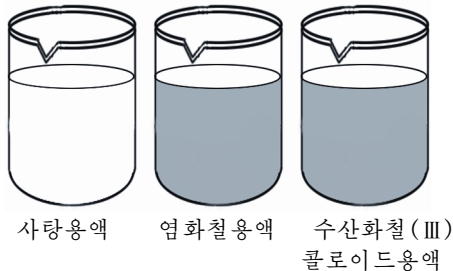
콜로이드용액에서 용질알갱이의 크기는 진용액에서보다 크며 구조도 복잡하다. 그러므로 콜로이드용액을 만드는 방법도 보통 진용액을 만드는것처럼 단순하지 않다. 콜로이드용액은 여러가지 방법으로 만들수 있는데 흔히 진용액속에 있는 용질알갱이들이 엉겨붙게 하여 만드는 방법이 많이 리용된다.

? 우의 실험에서 왜 물을 끓이면서 염화철(Ⅲ)포화용액을 넣겠는가?

수산화철콜로이드용액을 만들 때 먼저 염화철(Ⅲ)이 가수분해되여 $Fe(OH)_3$이 생기고 그것이 수많이 엉겨붙어 콜로이드용질알갱이를 만든다.

$$FeCl_3 + 3H_2O = Fe(OH)_3\downarrow + 3HCl$$

$$nFe(OH)_3 = [Fe(OH)_3]_n$$

콜로이드용액이 얻어지려면 콜로이드용질알갱이의 크기가 1~100㎚ 구간에 있어야 한다. 수산화철알갱이가 더 커져 침전물로 가라앉지 않게 하는 역할은 안정제가 한다. 여기서 안정제는 파잉으로 들어간 Fe^{3+} 또는 옥시염화철 FeOCl이 된다. 안정제는 콜로이드용질알갱이에 들어붙어(흡착) 알갱이겉면이 +전기를 띠게 하며 용질알갱이들이 서로 충돌하는 경우에도 서로 엉겨붙지 못하게 하는 역할을 한다.

콜로이드용액의 성질

① 콜로이드용액은 틴달현상을 나타낸다.

염화철용액이나 사탕용액에서는 빛이 지나가는 길이 알리지 않지만 수산화철콜로이드용액에서는 빛이 지나가는 길이 흐리게

나타난다. 이러한 현상을 콜로이드용액의 틴달현상(젖빛현상)이라고 부른다.

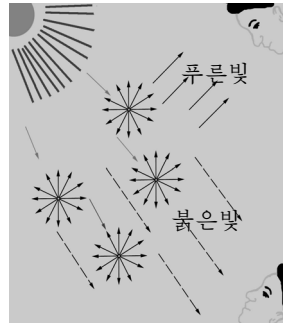
틴달현상은 콜로이드알갱이에 의한 빛의 산란결과에 나타난다.

빛산란은 빛파장의 절반보다 작은 알갱이(빛파장의 1/5~1/10)에 빛을 쪼여주었을 때 알갱이를 중심으로 빛이 사방으로 퍼져나가는 현상이다. 이때 알갱이들은 광원처럼 보인다. 알갱이의 크기가 빛의 파장보다 훨씬 클 때에는 빛의 반사가 주로 일어나고 산란은 거의 일어나지 않는다. 또한 콜로이드알갱이가 작을수록 산란은 약해진다.

진용액에서는 산란현상을 알아보기 힘들다.

ⓘ 밤에 강물속으로 전지불을 비치면 빛이 지나가는 길이 희게 보인다. 왜 그런가?

파장이 짧은 빛이 더 세게 흩어진다

빛의 파장이 짧을수록 산란은 보다 세게 나타난다. 바다물을 지나가는 빛 가운데서 푸른빛이 보다 세게 산란되므로 바다물이나 강물은 푸르게 보인다. 한편 붉은빛은 파장이 길기때문에 산란이 적게 일어나고 멀리까지 전파되여 간다. 그러므로 위험신호등을 붉은색으로 하는것은 안개가 낀 날이나 먼지알갱이가 많이 떠도는 날에도 멀리에서 인차 알아볼수 있게 하기 위해서이다.

② 콜로이드용액은 전기영동현상을 나타낸다.

그것은 콜로이드알갱이가 전기를 띠고있기때문이다.

왜 콜로이드알갱이가 전기를 띠게 되는가.

그것은 콜로이드알갱이의 구조와 관련되여있다.

콜로이드알갱이는 핵과 흡착층, 확산층으로 이루어져있다.

콜로이드알갱이 즉 핵과 흡착층, 확산층을 합쳐서 콜로이드미셀이라고 하며 이 구조를 미셀구조라고 부른다.

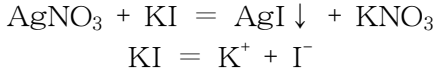
콜로이드알갱이를 이루는 핵은 자기 겉면에 용액속에 있는 이온을 선택적으로 흡착하여 흡착층을 만든다. 흡착층을 이루는 이온은 핵에 포함되여있는 이온중의 한가지이다.

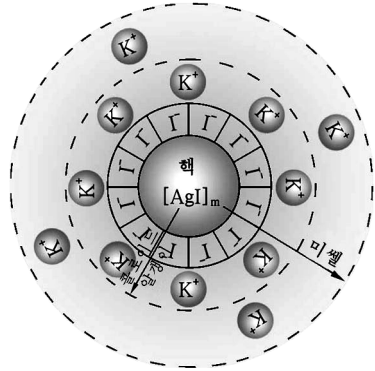
그림 2-10. 요드화은졸의 미셀구조

례를 들어 요드화은졸형성과정을 설명하자.(그림 2-10)

묽은 질산은용액에 묽은 요드화칼리움용액을 넉넉히 작용시키면 요드화은침전물이 생긴다.

$$AgNO_3 + KI = AgI\downarrow + KNO_3$$

$$KI = K^+ + I^-$$

침전된 AgI가 여러개 모여붙어 콜로이드알갱이의 핵 $[AgI]_m$을 만든다. 일정한 크기의 핵이 형성되면 용액속에 남아있는 I^-이온이 겉면에 선택적으로 흡착되여 핵은 음전기를 띤다. 음전기를 띤 알갱이는 K^+이온을 전기적으로 끌어당겨 확산층을 이룬다.

콜로이드용액에 두 극을 꽂고 직류전기마당을 걸어주면 어떤 현상이 나타나겠는가.

수산화철졸의 전기영동현상

U자관에 붉은밤색의 수산화철(Ⅲ)졸을 넣고 두 아구리에 전극을 꽂은 다음 직류전원을 련결한다. 나타나는 현상을 관찰하여라.

무엇을 알수 있는가?

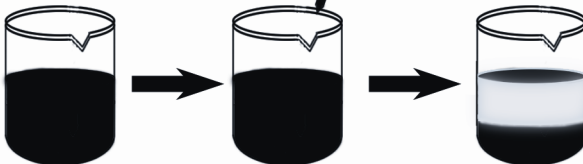
? 수산화철졸은 양성졸이다. 수산화철졸의 미쎌구조를 생각하여보아라.

콜로이드알갱이가 전기를 띠고있으므로 콜로이드알갱이와 확산층의 이온들은 반대부호를 가진 극쪽으로 움직인다.

음극쪽으로는 붉은밤색의 수산화철(Ⅲ)졸이 옮겨간다. 이것은 수산화철졸알갱이가 양전기를 띠고있다는것을 말한다. 이와 같이 바깥전기마당의 작용에 의하여 콜로이드알갱이가 반대부호의 전극으로 이동하는 현상을 **전기영동**이라고 부른다.

전기영동현상을 리용하여 물질을 정제하거나 서로 가를수 있다. 례컨대 도자기를 만들 때 점토속에 철성분이 있으면 흰색이 나지 못하고 도자기질이 떨어지므로 전기영동현상을 리용하여 점토속에서 철성분을 갈라낼수 있다. 의학부문에서는 피속에 들어있는 헤모글로빈을 분리하기 위하여 전기영동현상을 리용한다.

③ 콜로이드용액은 응결되는 성질을 가지고있다.

콜로이드알갱이는 같은 전기를 띠고있는 흡착층을 가지고있기때문에 서로 가까이 접근하면 전기적으로 미는 힘이 작용하여 한데 뭉치지 않고 비교적 안정하게 존재한다. 그러나 전해질을 넣는 경우 또는 서로 반대부호의 졸을 섞는 경우 콜로이드알갱이가 모여붙고 커지면서 가라앉는다. 이러한 현상을 **콜로이드용액의 응결**이라고 부른다.

콜로이드용액이 응결되는것은 침전물의 형성, 흐림 또는 색변화와 같은 현상을 통하여 알수 있다. 콜로이드용액이 응결될 때 처음에는 흐려지고 나중에는 솜모양의 침전물이 만들어지면서 가라앉는다.

전해질을 넣을 때 졸이 응결되는것은 졸알갱이의 확산층이 반대부호의 이온에 의한 전하의 중화작용과 주로 관련되여있다.

강물과 바다물이 만나는 곳에 삼각주가 형성되는것도 콜로이드용액의 응결작용과 많이 관련된다.

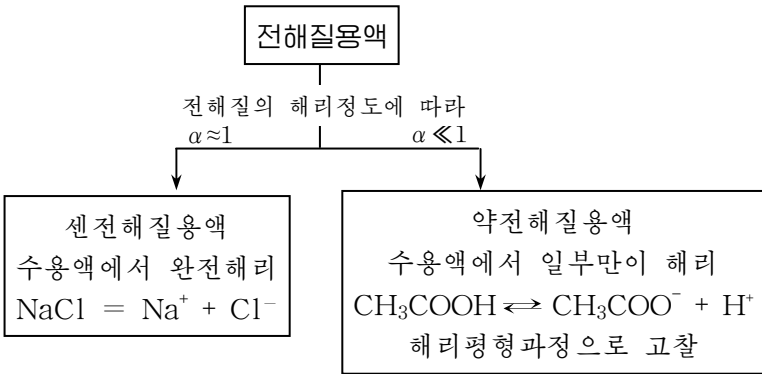
부호가 서로 다른 두 콜로이드용액을 섞을 때에는 흡착층이 전기적으로 중성상태로 되면서 응결이 일어난다. 이것을 졸의 호상응결이라고 부른다.

물을 정제할 때 류산알루미니움을 넣으면 수산화알루미니움 $Al(OH)_3$의 양성졸이 생기는데 그것이 물속의 음으로 대전된 토양콜로이드알갱이와 호상응결을 일으켜 가라앉는다.

문 제

1. 아래의 설명에서 알맞는것을 찾고 그 근거를 설명하여라.
   ㄱ) 콜로이드용액은 겉보기에서 진용액과 본질적차이가 있다.
   ㄴ) 콜로이드알갱이는 용액속에서 끊임없이 운동하고있다.
   ㄷ) 콜로이드알갱이는 려지를 통과할수 없다.
   ㄹ) 콜로이드용액은 불안정하며 놓아두면 침전된다.
2. 수산화철졸과 염화마그네시움용액이 공통적으로 가지고있는 성질은 아래의 어느것인가?
   ㄱ) 모두 비교적 안정하며 밀페시켜 놓아두면 침전물이 생기지 않는다.
   ㄴ) 모두 틴달현상을 나타낸다.
   ㄷ) 염산용액을 넣으면 먼저 침전물이 생기고 더 넣을 때 용해된다.
   ㄹ) 분산질알갱이는 모두 려지를 통과한다.
3. 어떤 콜로이드용액의 전기영동실험에서 그 콜로이드알갱이가 음극으로 이동한다. 이 콜로이드용액에 다음의 물질을 넣을 때 응결되지 않는 경우를 지적하고 원인을 밝혀라.
   ㄱ) 류산나트리움용액 ㄴ) 수산화철콜로이드용액

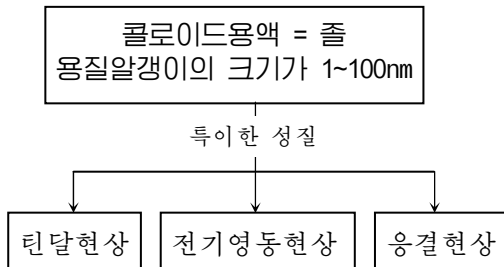
장 종 합

1.

2. 물의 해리와 수용액속에서 수소이온의 농도, pH

- 물은 매우 적게 해리 $K_{물}=1.0\times10^{-14}$(25℃)
- 수용액속에서 수소이온의 농도는 pH= $-\lg c_{H^+}$ 로 표시

  산성용액: pH < 7
  중성용액: pH = 7
  염기성용액: pH > 7

- 수용액속에서 산, 염기의 농도는 중화적정법에 의하여 결정
- 염용액은 가수분해되는것과 가수분해되지 않는것이 있다. 가수분해되는 많은 염수용액의 pH는 7과 같지 않다.

3.

복습문제

1. 0.05mol의 수산화나트리움고체를 각각 100mL의 다음과 같은 용액에 넣을 때 용액의 전기전도성이 거의 변하지 않는 용액은 어느것인가?

   ㄱ) 물　ㄴ) 0.5mol/L HCl용액　ㄷ) 0.5mol/L 초산용액

   ㄹ) 0.5mol/L 암모니아수

2. 농도가 각각 0.01mol/L인 초산과 초산나트리움혼합용액에서 $c_{CH_3COOH} > c_{Na^+}$ 이다. 아래의 관계에서 정확한것을 찾고 리유를 밝히여라.

   ㄱ) $c_{H^+} > c_{OH^-}$　ㄴ) $c_{H^+} < c_{OH^-}$

   ㄷ) $c_{CH_3COOH} > c_{CH_3COO^-}$　ㄹ) $c_{CH_3COOH} < c_{CH_3COO^-}$ = 0.02mol/L

3. 다음의 매 조의 용액에서 pH가 커지는 차례가 정확한것은 어느것인가? 근거를 설명하여라.

   ㄱ) 린산나트리움, 염화칼리움, 류산암모니움

   ㄴ) 류화나트리움, 류산수소나트리움, 류화수소

   ㄷ) 염화나트리움, 탄산수소나트리움, 탄산나트리움

   ㄹ) 암모니아수, 수산화칼시움, 수산화바리움

4. 염의 가수분해반응을 정확히 표시한것을 찾고 틀린것의 근거를 설명하여라.

   ㄱ) $NH_4^+ + H_2O = NH_3 \cdot H_2O + H^+$

   ㄴ) $NH_4^+ + OH^- = NH_3 \cdot H_2O$

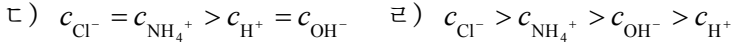
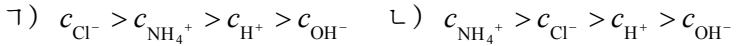
   ㄷ) $HS^- + H_2O = S^{2-} + H_3O^+$

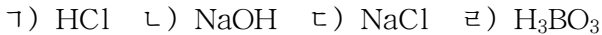
   ㄹ) $HS^- + H_2O = H_2S + OH^-$

5. 밀도가 1.45g/㎤인 류산용액에 $BaCl_2$용액을 방울방울 떨구어넣으면서 완전히 반응시켰다. 침전물의 질량과 처음 류산용액의 질량이 같다면 처음 류산용액의 농도는 얼마인가? (답. 6.22mol/L)

6. 염화암모니움수용액에서는 아래의 식들가운데서 어느것이 정확한가? 리유를 밝히여라.

ㄱ) $c_{Cl^-} > c_{NH_4^+} > c_{H^+} > c_{OH^-}$ ㄴ) $c_{NH_4^+} > c_{Cl^-} > c_{H^+} > c_{OH^-}$

ㄷ) $c_{Cl^-} = c_{NH_4^+} > c_{H^+} = c_{OH^-}$ ㄹ) $c_{Cl^-} > c_{NH_4^+} > c_{OH^-} > c_{H^+}$

7. 어떤 수용액에서 물이 해리되여 생긴 수소이온의 농도가 10^{-9}mol/L이다. 그 용액의 용질은 다음의것들가운데서 어느것인가?

ㄱ) HCl ㄴ) NaOH ㄷ) NaCl ㄹ) H_3BO_3

8. 30℃에서 물의 pH는 얼마인가?

9. 0.001mol/L와 0.01mol/L HCl용액의 pH는 각각 얼마인가? (답. 3, 2)

10. c_{OH^-}에 맞는 pH값에 줄을 그어라.

ㄱ) 0.5×10^{-6}mol/L 11.14
ㄴ) 1.4×10^{-3}mol/L 8.81
ㄷ) 9×10^{-9}mol/L 8.94
ㄹ) 8.7×10^{-6}mol/L 5.95

제3장. 전지와 전기분해

산화환원반응의 특징은 반응과정에 전자의 이동이 일어나는것이다. 우리 생활에서 널리 리용되고있는 전지와 축전지는 산화환원반응을 통해 화학에네르기를 전기에네르기로, 전기에네르기를 화학에네르기로 전환시키는 기구들이다.

이 장에서는 산화환원반응리론의 응용분야인 전지와 전기분해, 전기분해원리를 리용한 물질생산과 금속의 보호에 대한 지식을 학습하게 된다.

제1절. 화학전지

전류는 전자의 흐름이다.

산화제와 환원제를 서로 갈라놓고 도선으로 서로 련결시켜 산화환원반응을 일으키면 전자들이 도선을 따라 움직이게 할수 있지 않겠는가. 이렇게 되면 전류를 얻을수 있지 않겠는가.

이런 가정에 기초하여 만든것이 화학전지이다.

화학전지의 구조

한 비커에는 $ZnSO_4$용액을, 다른 비커에는 $CuSO_4$용액을 넣고 $ZnSO_4$용액에는 아연판을, $CuSO_4$용액에는 동판을 잠근다. 그다음 두 용액을 KCl용액을 넣은 U자관으로 이어놓는다.(그림 3-1)

다음 아연판과 동판을 전류계 또는 전압계로 이어놓으면 바늘이 움직인다.

그림 3-1. 다니엘전지

전류계(전압계)의 바늘이 움직인다는것은 무엇을 의미하는가.

전류계의 바늘이 움직인다는것은 전류가 흐른다는것을 의미한다. 이와 같이 화학에네르기를 전기에네르기로 바꾸는 장치를 화학전지 간단히 전지라고 부른다.

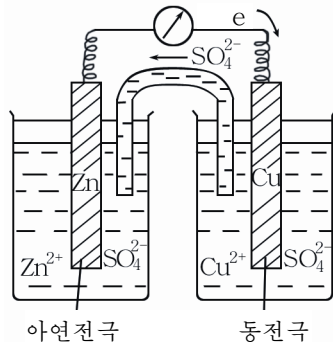



그림 3-1과 같이 꾸민 전지를 다니엘전지라고 부른다.

? 발전소에서 전기를 생산하는것과 다른 점은 무엇인가?

전지는 전극과 전해질용액으로 구성되여있다. $ZnSO_4$용액이나 $CuSO_4$용액과 같은 전해질용액에 잠근 아연판이나 동판을 전극이라고 부른다.

화학전지의 동작원리

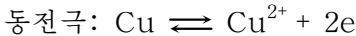
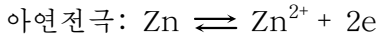
전지에서 전류는 어떻게 생겨나는가.

금속의 활성차례는 금속을 이루는 원자가 전자를 얼마나 쉽게 내주는가를 나타내는 차례이다.

금속의 활성차례에서 보다 앞에 놓인 금속일수록 전자를 내주려는 능력이 크다. Zn은 Cu보다 앞에 놓여있으므로 전자를 내주는 능력이 크다.

회로를 련결하지 않았을 때 전극에서는 다음과 같은 평형이 이루어진다.

$$\text{아연전극: } Zn \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2e$$

$$\text{동전극: } Cu \rightleftharpoons Cu^{2+} + 2e$$

떨어져나온 금속이온들은 용액속으로 용해되여들어가고 전극에는 전자가 남아있게 된다.

아연은 동보다 활성이 세므로 Zn^{2+}가 더 많이 용해되여 들어가 아연전극에서는 동전극보다 전자가 보다 많게 된다.

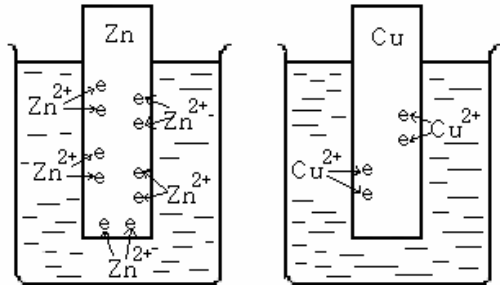



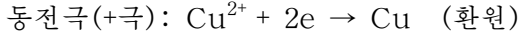
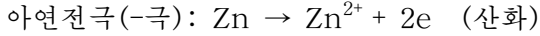
그림 3-2. 전극에서 이루어지는 평형

$$n_{e(Zn)} > n_{e(Cu)}$$

도선을 련결하면 전자가 많은 아연전극으로부터 전자가 적은 동전극에로 전자가 이동하게 된다.

르 샤뗄리예원리에 따라 아연전극에 있던 전자수가 적어지므로 $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e$ 과정이 진행되게 되며 동전극에서는 평형상태보다 전자가 많아지므로 $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$ 과정이 진행된다.

$$\text{아연전극(−극)}:\ Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e \quad \text{(산화)}$$

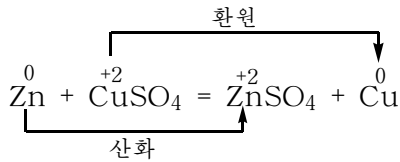
$$\text{동전극(+극)}:\ Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu \quad \text{(환원)}$$

산화환원과정이 계속 진행되면 아연전극이 있는 용액에서는 $c_{Zn^{2+}} > c_{SO_4{}^{2-}}$ 로 되며 동전극이 있는 용액에서는 $c_{Cu^{2+}} < c_{SO_4{}^{2-}}$ 로 된다.

그러므로 두 용액을 이어놓은 U자관을 통해 류산아연용액에로 $SO_4{}^{2-}$의 이동이 있게 된다. 즉 U자관은 용액으로 이온이 이동할수 있게 회로를 구성하는 역할을 한다.

두 전극반응을 하나로 묶으면 다음과 같다.

환원

$$\overset{0}{Zn} + \overset{+2}{Cu}SO_4 = \overset{+2}{Zn}SO_4 + \overset{0}{Cu}$$

산화

전지에서 −극은 전자가 상대적으로 많은 전극이며 +극은 반대로 전자가 적어 전자가 넘어오는 전극이다. +극과 −극의 전위차를 전지의 전동력이라고 부른다.

다니엘전지의 전동력은 1.1V이다.

벽시계전지약만들기

얇은 동판과 아연판사이에 같은 크기의 천을 끼우고 타래모양으로 감은 다음 소금물이 있는 그릇 또는 아구리가 넓은 병에 잠근다. 두 극에 도선을 련결하고 벽시계의 전원자리에 련결한다. 벽시계의 바늘이 움직이는가를 본다. 움직이지 않으면 극판의 면적을 크게 하여 다시 련결해본다.

전지의 발명

이딸리아의 학자 갈바니는 어느날 연구실에서 개구리를 해부하고있었다. 그런데 신기한 일이 벌어졌다. 서로 다른 두개의 금속막대기를 련결하고 개구리의 신경과 근육에 댄 순간 다리근육이 경련을 일으킨것이다. 《죽은 개구리가 왜 움직였을가?》 꾸준한 연구끝에 갈바니는 동물의 몸안에 전기가 있다는 생각에 이르렀다. 갈바니의 실험과 《동물전기》에 대한 사실은 사람들을 경탄시켰다.

이딸리아의 학자 볼타는 이 사실을 해명하려고 노력하던중 동과 아연을 련결하고 그것을 혀끝에 대여보았다. 순간 눈에서 불꽃이 튀여나오는듯 한 충격을 느꼈다. 볼타는 이것을 전류에 의한것이라고 보고 이 전기를 《금속전기》라고 하였다. 볼타는 소금물이나 알카리수용액으로 적신 천을 두 금속사이에 끼워넣고 회로를 꾸미면 전류가 생긴다는것을 발견하였다. 이것이 볼타전지이다.

지금 쓰이고있는 전지들은 이러한 고심어린 연구끝에 얻어진것이다.

문 제

1. 다니엘전지와 볼타전지에서 차이점은 무엇인가?
2. 한쪽은 류산철용액과 철판을, 다른쪽은 류산동용액과 동판을 잠그어서 다니엘전지와 같이 전지를 만들었다. 전자와 이온은 어느 극으로 이동하며 −극과 +극은 어느 극이 되겠는가? 전극반응을 쓰고 설명하여라.
3. 다음의 금속들을 NaCl용액에 잠그어 전지를 만들었다. 전지의 극을 결정하여라.
   ㄱ) 마그네시움과 동
   ㄴ) 알루미니움과 은
   ㄷ) 동과 은
   ㄹ) 은과 금

제2절. 건전지

건전지는 전해질용액(전지액)이 흐르지 않게 한 전지를 말한다.

우리가 생활에서 많이 리용하고있는 전지약은 건전지이다. 건전지는 종류도 많고 쓰이는 분야도 많다. 그가운데서 가장 많이 쓰이는것은 이산화망간건전지이다.

이산화망간건전지

이산화망간건전지는 중심에 흑연막대기가 있고 이 막대기를 MnO_2, 흑연가루, NH_4Cl을 농마풀로 반죽한 혼합물을 종이에 싸서 묶어놓았다. 이것을 양극합제라고 부른다.

건전지의 껍데기는 아연통이며 양극합제와 이 아연통사이에는 NH_4Cl을 농마풀로 반죽한것이 채워져있다.

그림 3-3. 이산화망간건전지의 구조

이산화망간건전지에서 -극은 아연통, +극은 양극합제로 둘러싸인 흑연막대기, 전지액은 NH_4Cl 농마반죽액이다.

건전지에서 전류는 어떻게 생겨나는가.

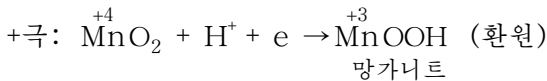
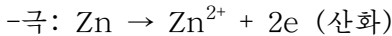
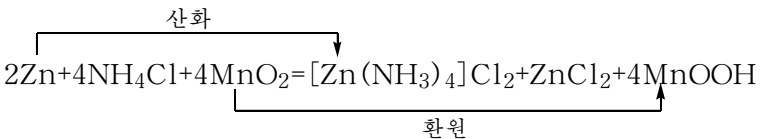
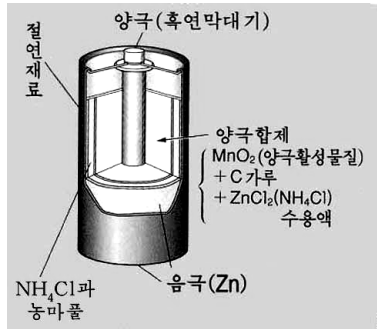
$$-극: Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e \text{ (산화)}$$

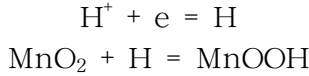
$$2Zn^{2+} + 4NH_4Cl = [Zn(NH_3)_4]^{2+}Cl_2 + ZnCl_2 + 4H^+$$

$$+극: \overset{+4}{Mn}O_2 + H^+ + e \rightarrow \underset{\text{망가니트}}{\overset{+3}{Mn}OOH} \text{ (환원)}$$

두 전극반응식을 묶으면 다음과 같이 된다.

$$2Zn+4NH_4Cl+4MnO_2=[Zn(NH_3)_4]Cl_2+ZnCl_2+4MnOOH$$

(산화: Zn → $[Zn(NH_3)_4]Cl_2$, 환원: MnO_2 → MnOOH)

이 전지의 전동력은 1.5V이다.

MnO_2의 역할은 −극으로부터 넘어온 전자를 받아 양극합제에서 생기는 H를 제거하는데 있다.

$$H^+ + e = H$$
$$MnO_2 + H = MnOOH$$

MnO_2과 같은 물질을 감극제라고 부른다.

단추형전지(산화수은건전지)

단추형전지가 처음으로 나온 것은 1945년이며 보청기와 같은 의료설비들과 크기가 작은 전자기구제품들에서 전원용전지를 소형화할 목적으로 만들어진것이다.

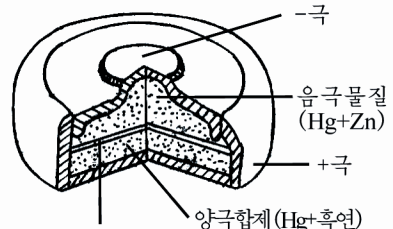



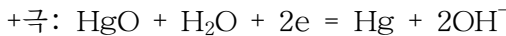
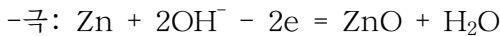
그림 3-4. 단추형전지

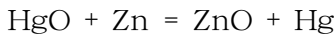
구조. 전지의 껍데기는 불수강통과 덮개로 되여있다. 음극은 10% 수은으로 아연가루를 아말감화한것이며 양극은 산화수은을 10%정도의 흑연가루와 섞어 만든 물질이다.

전지액은 산화아연이 포화된 40~50% KOH용액이다.

전지반응

$$-극: Zn + 2OH^- - 2e = ZnO + H_2O$$

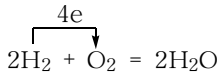
$$+극: HgO + H_2O + 2e = Hg + 2OH^-$$

전극반응을 묶으면 다음과 같이 표시된다.

$$HgO + Zn = ZnO + Hg$$

이 전지의 특징은 전지액이 따로 없으며 양극을 만들 때 들어간 물이 그대로 리용되는것이다. 전지가 동작할 때 전지액의 농도와 물의 량은 변하지 않는다. 이 전지의 전동력은 1.35V이며 전지가 동작할 때 전압변동이 없다. 이 전지는 지금까지 알려진 전지가운데서 용량이 가장 크며 이산화망간건전지에 비해서 4~5배나 크다.

연료전지

H_2, CH_3OH, 석탄과 같은 연료를 태울 때 일어나는 산화환원반응을 리용하여 만든 전지를 연료전지라고 부른다.

실례로 수소-산소연료전지에서는 KOH용액에 잠근 2개의 니켈다공성전극에 한쪽에서는 수소기체를, 다른쪽에서는 산소기체를 흘러보낸다. 이때 반응

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O \quad (4e: H_2 \rightarrow O_2)$$

이 일어나면서 전자가 도선을 따라 흐르게 된다.

연료전지는 화력발전소에서의 연료리용률보다 높고 오래 쓸수 있으며 만드는 비용이 적은 좋은 점이 있다.

문 제

1. 건전지를 련속 사용하는것보다 일정한 시간 간격을 두고 사용하는것이 좋다. 그 까닭을 설명하여라.
2. 건전지를 더는 사용할수 없을 때 외형에서 나타나는 현상은 어떠하며 그것을 어떻게 설명할수 있는가?
3. 이산화망간건전지에서 -극의 질량이 0.65g 줄었다면 +극에서 생긴 수소를 없애는데 MnO_2이 몇g 필요하겠는가?

(답. 1.74g)

제3절. 축전지

전지는 화학에네르기를 전기에네르기로 바꾸는 장치이다.

건전지의 결함은 전지가 동작하는 과정에 전극이 소모되므로 나중에는 전극으로서 작용을 할수 없게 되여 전지를 더는 쓸수 없게 된다는데 있다. 즉 살려쓸수 없다.

그러면 전기에네르기를 화학에네르기로 바꾸었다가 다시 화학에네르기를 전기에네르기로 전환시킬수 없겠는가.

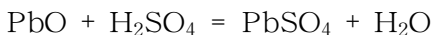
이런 목적에서 만든것이 축전지이다.

※ 축전지라는 표현은 전기를 담아놓는 못(그릇)이라는 뜻을 나타낸다.

현재 널리 쓰이고있는 축전지는 연축전지(산축전지)와 알카리 축전지이다. 축전지는 자동차, 뻐스, 배와 같은 수송기재들에서 널리 리용되고있다.

연축전지

구조. 축전지에서 전극은 연살창에 PbO를 류산에 반죽하여 바르고 말리운것이다.

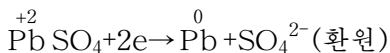
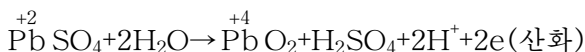
$$PbO + H_2SO_4 = PbSO_4 + H_2O$$

축전지액은 밀도가 1.2~1.3g/㎤인 27~40% 류산용액이다.

연축전지의 작용원리. 두 전극에 직류전원을 련결하면 전기에네르기를 화학에네르기로 변화시키는 충전과정이 일어난다.

전원의 –극과 련결된 전극:

$$\overset{+2}{Pb}SO_4+2e \rightarrow \overset{0}{Pb}+SO_4^{2-}\text{(환원)}$$

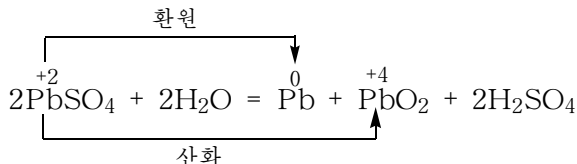
전원의 +극과 련결된 전극:

$$\overset{+2}{Pb}SO_4+2H_2O \rightarrow \overset{+4}{Pb}O_2+H_2SO_4+2H^{+}+2e\text{(산화)}$$

※ 직류전원의 -극에서는 전자가 나오며 +극에서는 전자가 흘러들어간다.

충전과정의 산화환원반응

환원

$$2\overset{+2}{Pb}SO_4 + 2H_2O = \overset{0}{Pb} + \overset{+4}{Pb}O_2 + 2H_2SO_4$$

산화

충전과정은 전기에네르기에 의한 산화환원반응이다.

충전결과 두 전극물질은 다니엘전지에서처럼 서로 다른 전극물질로 된다.

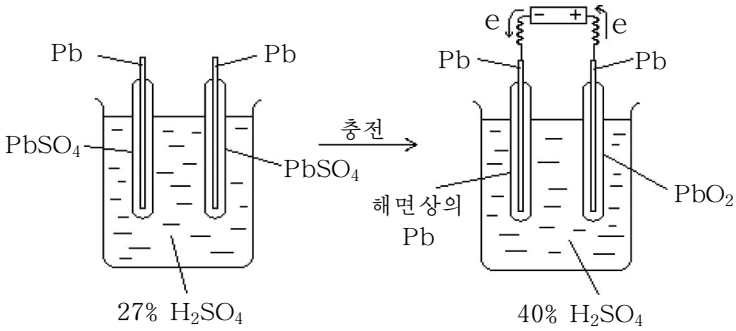
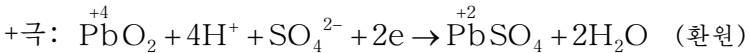
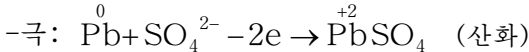



그림 3-5. 충전과정때 전극에서의 물질변화

충전된 전기를 어떻게 뽑아쓰는가.

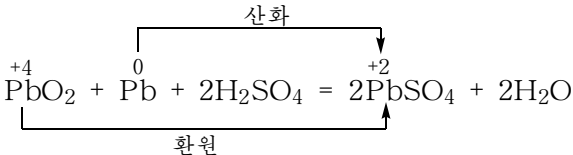
다니엘전지에서처럼 두 전극을 도선으로 련결하면 축전지의 -극에서는 전자를 내주고 +극에서는 전자를 받아들인다.

$$-극:\ \overset{0}{Pb}+SO_4^{2-}-2e \rightarrow \overset{+2}{Pb}SO_4 \quad (산화)$$

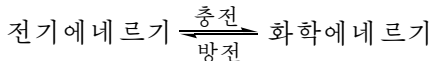
$$+극:\ \overset{+4}{Pb}O_2+4H^{+}+SO_4^{2-}+2e \rightarrow \overset{+2}{Pb}SO_4+2H_2O \quad (환원)$$

전지가 동작하는 과정을 방전이라고 부른다. 이것은 축적했던 전기에네르기를 다시 내보낸다는 뜻에서 표현한것이다.

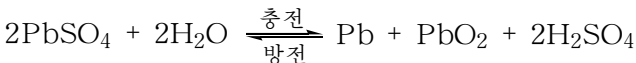
방전과정의 산화환원반응

$$\overset{+4}{Pb}O_2 + \overset{0}{Pb} + 2H_2SO_4 = 2\overset{+2}{Pb}SO_4 + 2H_2O$$

(산화: $\overset{0}{Pb} \rightarrow \overset{+2}{Pb}$, 환원: $\overset{+4}{Pb} \rightarrow \overset{+2}{Pb}$)

충전과 방전과정은 서로 반대과정이다.

축전지의 작용원리

$$전기에네르기 \underset{방전}{\overset{충전}{\rightleftharpoons}} 화학에네르기$$

충전할 때 류산의 농도는 높아지고 방전할 때에는 반대로 낮아진다.

$$2PbSO_4 + 2H_2O \underset{방전}{\overset{충전}{\rightleftharpoons}} Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4$$

연축전지의 전동력은 2.17V이다. 1.8V까지 떨어지면 다시 충전해야 한다.

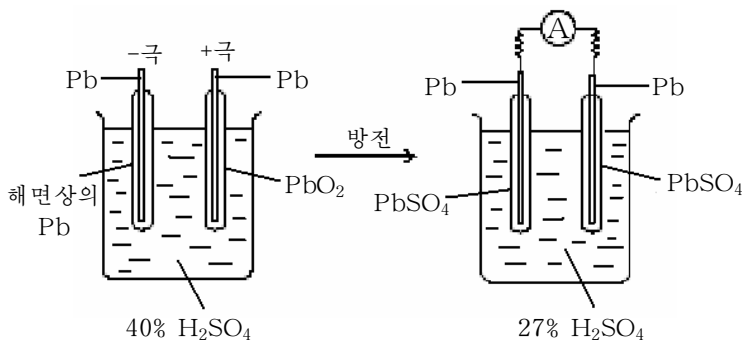



그림 3-6. 방전과정때 전극에서의 물질변화

알카리축전지(카드미움—니켈축전지)

구조. 알카리축전지는 전지액으로 KOH를 쓴다. 전극은 철살창을 니켈도금하고 여기에 $Ni(OH)_2$과 CdO를 알카리로 반죽하여 붙여서 말리운것이다.

작용원리. 충전할 때 전극에서 일어나는 반응은 다음과 같다.

전원의 -극과 련결된 전극:

$$Cd(OH)_2 + 2e \rightarrow Cd + 2OH^- \text{ (환원)}$$

전원의 +극과 련결된 전극:

$$2Ni(OH)_2 - 2e + 2OH^- \rightarrow 2NiOOH + 2H_2O \text{ (산화)}$$

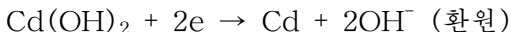
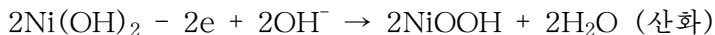
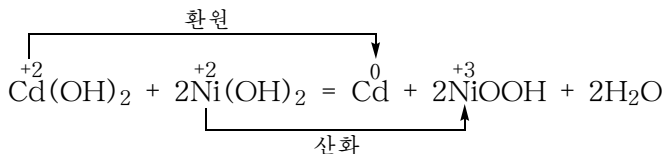
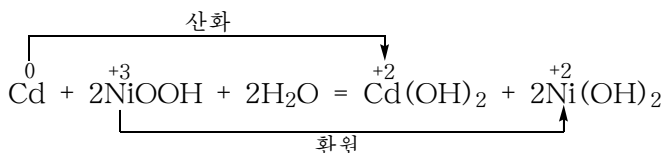
충전과정의 산화환원반응

$$\overset{+2}{Cd}(OH)_2 + 2\overset{+2}{Ni}(OH)_2 = \overset{0}{Cd} + 2\overset{+3}{Ni}OOH + 2H_2O$$

(환원: Cd(+2) → Cd(0); 산화: Ni(+2) → Ni(+3))

방전과정의 산화환원반응

$$\overset{0}{Cd} + 2\overset{+3}{Ni}OOH + 2H_2O = \overset{+2}{Cd}(OH)_2 + 2\overset{+2}{Ni}(OH)_2$$

(산화: Cd(0) → Cd(+2); 환원: Ni(+3) → Ni(+2))

카드미움-니켈축전지의 전동력은 1.2~1.25V이며 1~1.1V로 떨어지면 다시 충전해야 한다.

이 축전지는 산축전지보다 견고하고 수명이 길다. 결함은 산축전지보다 전동력이 낮은것이다.

이 축전지에 전해액으로 LiOH를 쓰면 용량이 커지고 수명이 길어진다.

전지와 탄소나노관

전지분야의 중요연구대상은 수소저장능력을 높이는것이다. 현재 수소저장용량의 목표는 6.5%(질량비)이다. 이 지표에 도달하면 축전지자동차생산에서는 놀라운 성과가 이룩되게 된다. 어떤 과학자들은 4%의 수소를 저장하는것이 지금 도달할수 있는 가장 높은 수준인데 이것을 6.5%까지 올리는것은 하나의 중대한 기술혁명으로 될것이라고 하였다. 바로 수소저장용량을 6.5%까지 올리는데 탄소나노관이 후보자로 나섰다.

문 제

1. 건전지와 축전지의 작용원리에서 같은 점과 다른 점은 무엇인가?
2. 연축전지(산축전지)를 사용하는 과정에 전해액을 보충할 때 어떤 점을 고려해야 하는가?
3. 밀폐형이 아닌 알카리축전지를 사용할 때 전해액이 변하게 된다. 그 원인이 무엇인지 방정식을 쓰고 설명하여라.

제4절. 전기분해

전기분해

연축전지의 충전과정은 전기에네르기를 써서 새로운 전극물질을 만들어내는 과정이다.

Ⓘ 연축전지의 충전과정에 전극은 어떤 물질로 변화되는가?

연축전지의 충전과정과 같은 과정이 전해질용액에 직류를 흘러보낼 때 일어나지 않겠는가.

$CuCl_2$용액의 전기분해

염화동용액을 비커에 넣은 다음 거기에 2개의 흑연막대기를 잠그고 직류(2~3V)를 통과시킨다.

두 전극에서 어떤 현상이 일어나는가를 관찰한다.

전원의 -극은 전자를 내보내는 극이므로 이 극과 련결된 전극에서는 전자가 쌓여 음극으로 된다. 한편 전원의 +극은 전자를 받아들이는 극이므로 이 극과 련결된 전극에서는 전자가 빠져나가 적어지므로 양극으로 된다.

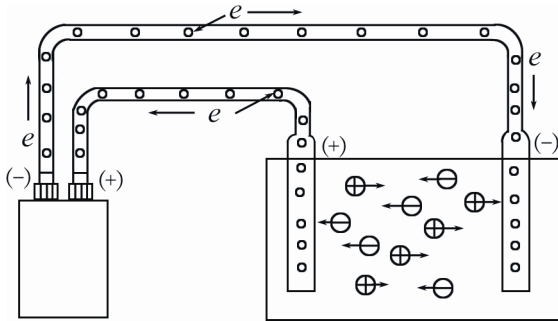



그림 3-7. 전기분해할 때 전자와 이온의 이동

음극에서는 Cu^{2+}가 끌려가 전자를 받아 Cu로 되면서 전극겉면이 붉은색으로 된다. 양극에서는 Cl^{-}이 끌려가 전자를 극에 넘겨주고 Cl_2이 되여나오는데 냄새를 통하여 염소기체라는것을 알수 있다.

음극: $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$ (환원)

양극: $2Cl^{-} - 2e \rightarrow Cl_2$ (산화)

즉 전류에 의하여 전극에서 산화환원반응이 일어난다.

전류에 의하여 전극에서 산화환원반응이 일어나는 현상을 전기분해라고 부른다. 여기서 전해질용액과 전극이 들어있는 그릇을 전해조라고 부른다.

파라데이법칙

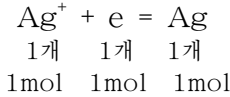
실험에 의하면 질산은 $AgNO_3$, 염화동 $CuCl_2$용액을 전기분해하여 Ag, Cu를 1mol씩 얻는데 드는 전기량은 다음과 같다.

이온 1mol		원자 1mol	드는 전기량
Ag^+	⟶	Ag	96 500C
Cu^{2+}	⟶	Cu	2×96 500C

Ag^+ 1mol을 Ag로 환원하는데 전자 1mol이 필요하다.

$$Ag^+ + e = Ag$$

1개 1개 1개

1mol 1mol 1mol

전자 1개의 전기량은 1.602×10^{-19}C이므로 전자 1mol의 전기량은 절대값으로 다음과 같다.

$$1.602\times10^{-19}\text{C/개} \times 6.023\times10^{23}\text{개} \approx 96500\text{C}$$

이 전기량을 1F(파라데이)라고 부른다.

전극에서 물질 1mol을 만드는데 νmol의 전자가 들었다면 이때의 전기량은 νF이다.

전기분해할 때 전해조에 흐른 전기량과 생겨난 물질의 물질량 사이에는 다음의 관계가 선다.

$$1\text{mol} : \nu\text{F} = n : Q$$

$$n = \frac{Q}{\nu \cdot \text{F}} = \frac{I \cdot t}{\nu \cdot \text{F}}$$

t : 전해조에서 전류가 흐른 시간(s)

I : 전류의 세기(A)

전기분해과정에 나오는 물질의 량은 전기량에 비례한다.

이것을 파라데이법칙이라고 부른다.

물질량 $n = \dfrac{m}{M}$이므로 우의 식을 다음과 같이 쓸수 있다.

$$\frac{m}{M} = \frac{Q}{\nu \cdot \text{F}}$$

$$m = \frac{M \cdot Q}{\nu \cdot \text{F}} = \frac{M \cdot I \cdot t}{\nu \cdot \text{F}}$$

m : 전극에서 얻어진 물질의 질량

M : 물질의 몰질량

[례제 1] 염화동용액에 3A의 전류를 2h 흘러보낼 때 생겨난 동의 질량은 얼마인가?

풀이. 주어진것: I=3A, M=63.5g/mol

t=2h=2×3600s=7200s

구하는것: m=?

$$m=\frac{M\cdot I\cdot t}{\nu\cdot F}=\frac{63.5\times3\times7200}{2\times96500}\approx7.11(g)$$

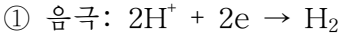
답. 약 7.11g

[례제 2] 2A의 전류로 1h동안 물을 전기분해할 때 얻어지는 수소와 산소는 몇mol인가?

풀이. 주어진것: I=2A

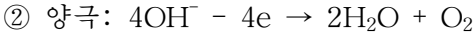
t=1h=3600s

구하는것: n_{H_2}=?, n_{O_2}=?

① 음극: $2H^+ + 2e \rightarrow H_2$

2mol 1mol

ν=2

$$n_{H_2}=\frac{I\cdot t}{2F}=\frac{2\times3600}{2\times96500}=0.037\,(mol)$$

② 양극: $4OH^- - 4e \rightarrow 2H_2O + O_2$

4mol 1mol

ν=4

전기분해할 때 양극과 음극에서 흐르는 전기량은 같다.

$$n_{O_2}=\frac{I\cdot t}{4F}=\frac{2\times3600}{4\times96500}\approx0.019\,(mol)$$

답. 0.037mol, 약 0.019mol

문 제

1. 염화동용액을 전기분해하여 89.6L(표준조건)의 염소를 얻었다. 얼마만한 전기량이 들었겠는가? (답. 772 000C)
2. 질산은용액을 전기분해하여 324g의 은을 얻자면 200A의 전류를 몇h동안 흘러보내야 하겠는가? (답. 0.4h)
3. 염화니켈 $NiCl_2$용액을 1h동안 전기분해할 때 음극에 니켈 11.74g이 얻어졌다. 이때 전류의 세기는 얼마인가? (답. 10.7A)

참고 파라데이

파라데이(1791-1867)는 영국의 화학자이며 물리학자이다.

그는 오랜 고심끝에 전기량계를 발명하고 그것을 리용하여 수소 1g을 얻는데 드는 전기량을 측정하는데 성공하였다. 그리고 전기분해에서 나오는 물질의 량이 전기량에 의존한다는 파라데이법칙을 1833년에 발견하였다. 이리하여 전기화학을 정량적으로 연구할수 있게 되였다.

파라데이는 처음에는 주로 화학을 연구하였는데 Cl_2, SO_2, CO_2, NH_3과 같은 기체의 액화에 성공하였으며 벤졸, 부틸렌, 나프탈린의 술폰산을 발견하였다.

제5절. 전기분해의 리용

전기분해의 리용은 파라데이법칙에 기초한 물질생산과 전해도금이다.

전기분해에 의한 물질만들기

전기분해는 크게 용융전기분해와 전해질용액전기분해로 나눈다.

용융전기분해는 활성이 센 K, Na, Mg, Al과 같은 금속들을 만들 때 리용된다. 이 방법의 우점은 용융물에 양이온과 음이온이 한가지씩 들어있기때문에 전극반응이 단순한것이다.

전해질용액에서의 전기분해는 전해질밖에 물도 있으므로 전극과정이 복잡해질수 있다. 이 방법은 활성이 비교적 약한 금속들과 기타물질을 만드는데 리용된다.

Ⓡ 활성이 센 금속들은 왜 수용액전기분해로 만들수 없는가?

가성소다만들기. 가성소다는 소금물을 전기분해하여 만든다. 이 방법에는 격막법과 수은법이 있다.

격막법에서는 철을 음극으로, 흑연을 양극으로 한다.

소금물에 들어있는 이온들

$$NaCl = Na^+ + Cl^-$$

$$H_2O = H^+ + OH^-$$

전극반응

$$음극(철) : 2H^+ + 2e \rightarrow H_2\uparrow$$

$$양극(흑연): 2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2\uparrow$$

결과 용액에는 전극반응에 참가하지 않은 Na^+과 OH^-가 남게 된다.

격막은 석면(돌솜)으로 실을 만들어 짠 모포 같은것인데 음극에서 생긴 수소와 양극에서 생긴 염소가 서로 섞이지 못하게 하기 위해서 설치한 사이막이다.

이 방법으로 만든 가성소다에는 소금물이 섞이는 결함이 있다.

? 격막을 쓰지 않고 수소와 염소를 섞어서 얻으면 안되는가?

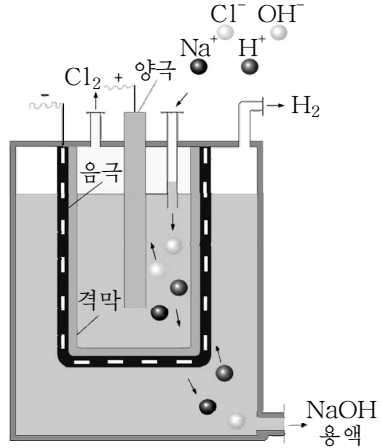



그림 3-8. 격막법에 의한 가성소다만들기

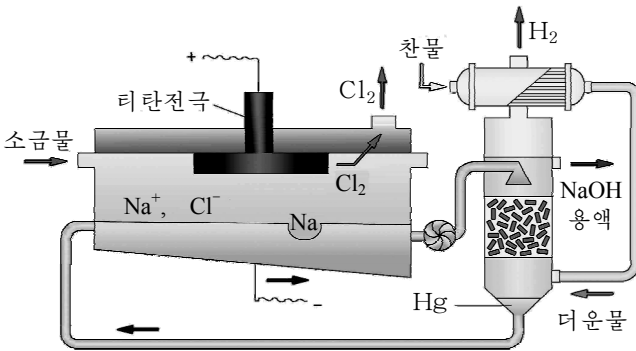
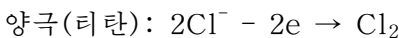



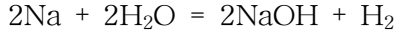
그림 3-9. 수은법에 의한 가성소다만들기

수은법에서는 수은을 음극으로 하고 흑연 또는 티탄을 양극으로 하여 전기분해를 한다. 수은을 음극으로 쓰면 H^+가 아니라 Na^+가 환원되여 수은에 용해되여 나트리움아말감을 만든다.

$$음극(수은): Na^+ + e \rightarrow Na$$

$$양극(티탄): 2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2$$

※ 수은에 다른 금속이 용해되여있는것을 아말감이라고 부른다.

흐름성이 있는 나트리움아말감을 뽑아서 더운물과 작용시키면 가성소다와 수소가 생기며 수은은 밑에 가라앉는다.

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$

이 방법으로 만든 가성소다는 순도가 높다.

가성소다를 만들 때 생긴 수소와 염소로는 염산을 만든다.

전극자체가 전극반응에 참가하지 않는 전극을 불활성전극이라고 부른다.(례: Ti, Pt, Pb, 흑연,…) 이 전극을 쓰면 수소산이온(S^{2-}, I^-, Br^-, Cl^-)들은 양극에서 쉽게 산화되며 용액에 옥소산이온(SO_4^{2-}, NO_3^-, CO_3^{2-}, PO_4^{3-})이 들어있으면 양극에서 물이 산화된다.

전극자체가 전극반응에 참가하는 전극을 활성전극이라고 부른다. 이때 양극으로 되는 금속은 용해되면서 용액으로 풀려나간다.

동만들기

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《동은 인민경제 여러 부문에서 쓰이고있으며 경제가 발전하는데 따라 그 수요는 더욱 늘어나고있습니다.》

동은 인민경제를 현대화하는데서 없어서는 안될 중요한 금속이며 국방공업에서도 많이 쓰인다.

위대한 수령님과 위대한 장군님의 현명한 령도에 의하여 오늘 우리 나라에는 튼튼한 동생산기지가 꾸려졌다.

동은 용광로공정, 전로공정, 전해조공정을 거쳐 만든다.

① 용광로에서 진행되는 반응

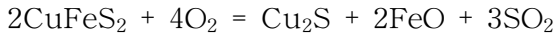
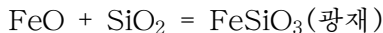
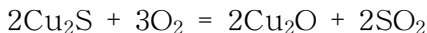
$$2CuFeS_2 + 4O_2 = Cu_2S + 2FeO + 3SO_2$$

생긴 FeO는 모래를 넣어 광재로 만든다.

$$FeO + SiO_2 = FeSiO_3(\text{광재})$$

② 전로에서 진행되는 반응

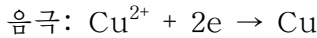
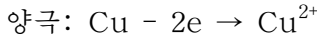
$$2Cu_2S + 3O_2 = 2Cu_2O + 2SO_2$$

$$Cu_2S + 2Cu_2O = \underset{\text{조동}}{6Cu} + SO_2$$

산소를 불어넣어 전로에서 만들어진 94%의 동을 조동이라고 부른다.

③ 전해조에서의 반응

전해조에서는 조동을 양극으로, 동판을 음극으로 하여 류산동 용액에서 전기분해를 진행한다.

$$양극: Cu - 2e \rightarrow Cu^{2+}$$

$$음극: Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$$

결국 양극의 동이 용해되고 음극에서는 Cu^{2+}가 방전된다.

이렇게 얻어진 동의 순도는 99.99%이다. 이런 과정을 전해정련이라고 부른다.

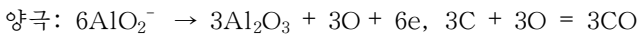
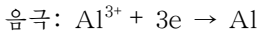
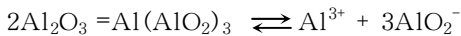
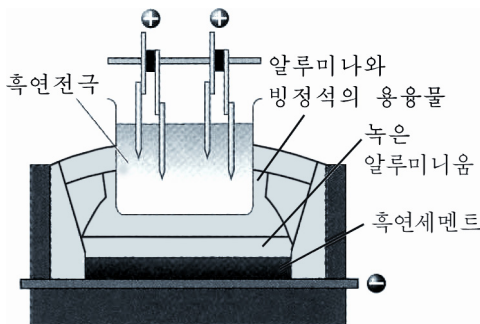
참 고 용융전기분해법에 의한 알루미니움생산

금속알루미니움은 활성이 센 금속이므로 알루미니움염용액을 전기분해하여 얻을수 없다. 알루미나(Al_2O_3)는 녹음점이 2 050℃인데 여기에 용제로서 빙정석($AlF_3 \cdot 3NaF$)을 넣으면 1 000℃에서 녹는다. 전기분해는 흑연을 전극으로 써서 3 500A, 4~6V에서 진행한다.

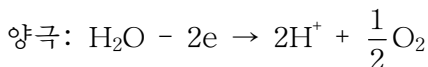
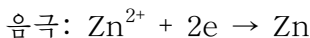
이때 알루미나는 녹으면서 다음과 같이 해리된다.

$$2Al_2O_3 = Al(AlO_2)_3 \rightleftharpoons Al^{3+} + 3AlO_2^-$$

$$음극: Al^{3+} + 3e \rightarrow Al$$

$$양극: 6AlO_2^- \rightarrow 3Al_2O_3 + 3O + 6e,\ 3C + 3O = 3CO$$

음극에서 생긴 녹은 상태의 Al을 뽑아내는데 순도는 99.7~99.8%이다. 이때 양극은 CO의 생성으로 점점 작아진다.

아연만들기. 아연은 아연광석 ZnS를 태워서 ZnO로 만들고 여기에 류산을 작용시켜 $ZnSO_4$용액으로 만든 다음 전기분해하여 만든다. 이때 음극은 알루미니움판을 쓰며 양극은 연판을 리용한다.

$$\text{음극: } Zn^{2+} + 2e \rightarrow Zn$$

$$\text{양극: } H_2O - 2e \rightarrow 2H^+ + \frac{1}{2}O_2$$

전기분해과정에 용액에는 H^+와 SO_4^{2-}가 남게 되므로 류산의 농도가 커진다. 그러므로 일정한 량 뽑아서 류산아연용액을 만드는데 보낸다.

아연처럼 금속의 염용액을 전기분해하여 순수한 금속을 얻는 방법을 전해제련이라고 부른다.

전해도금

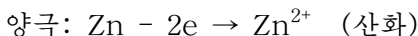
전기분해원리를 리용하여 어떤 금속겉면에 다른 금속을 얇게 입히는 과정을 전해도금이라고 부른다.

전해도금에서는 도금하려는 금속제품을 음극으로 하고 입히려는 금속을 양극으로 한다.

아연도금방법은 다음과 같다.

양극에서는 아연이 용액속으로 용해되여 들어간다. 음극에서는 용액속의 Zn^{2+}이온이 전자를 받아 Zn으로 되면서 금속겉면을 씌운다.

$$\text{음극: } Zn^{2+} + 2e \rightarrow Zn \quad (\text{환원})$$

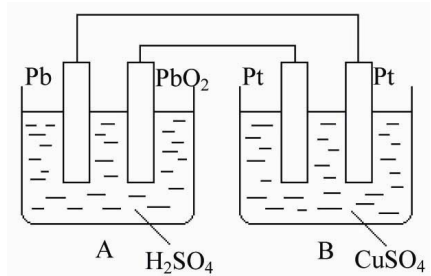
$$\text{양극: } Zn - 2e \rightarrow Zn^{2+} \quad (\text{산화})$$

용액에서 $ZnSO_4$의 함량은 변하지 않고 양극의 아연판이 점점 얇아진다. 반대로 이만한 아연은 철제품에 덮이게 된다.

수지도금

수지는 전기를 통과시키지 않는 부도체이므로 직접 전해도금할수 없다. 그러므로 먼저 화학반응을 통하여 거울에 은이 나붙게 하는 방법처럼 금속막을 씌우고 이것을 음극에 련결한다. 이렇게 하면 제품은 가벼우면서도 금속제품과 같은 인상을 준다.

현재 수지도금기술은 여러 부문에 리용되고있다.

문 제

1. 전기분해와 전해도금에서 같은 점과 다른 점은 무엇인가?
2. 전기분해와 전지의 같은 점과 다른 점은 무엇인가?
3. 동제품에 은을 도금하려면 전해조의 음극과 양극재료는 어떤것을 써야 하며 도금액은 어떤 용액을 써야 하는가?
4. 그림과 같이 두 전극들이 련결되여있다. A전해조에서 전극은 Pb와 PbO_2이며 밀도가 1.25g/㎤인 33.4% 류산용액 100mL에 잠겨져있다. B전해조에서 전극은 백금이고 류산동용액에 잠겨져 있다.

일정한 시간이 지난 다음 한 백금전극에서는 질량이 1.27g 늘어나고 다른 백금전극에서는 기체가 생긴다.

ㄱ) 매 전극에서 일어나는 전극반응식을 써라.

ㄴ) 전해조에 흐른 전기량을 계산하여라.

ㄷ) Pb와 PbO_2전극에서의 질량변화는 어떠한가?

ㄹ) A전해조에서 류산의 농도는 어떠한가?

ㅁ) 생겨난 기체는 어떤 기체이며 표준조건에서 몇L 생겼는가?

(답. ㄴ) 3 860C ㄷ) 1.92g, 1.28g ㄹ) 31.06% ㅁ) 224mL)

제6절. 금속의 부식과 보호

금속의 부식

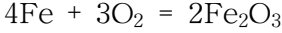
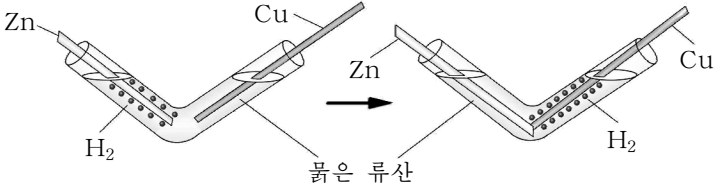
우리는 주위에서 철이 녹쓸었을 때 겉면에서 쉽게 떨어지는 더뎅이를 볼수 있다. 또한 동도 바깥에 오래 놓아두면 겉면이 검게 되며 습기가 있는데서는 푸른풀색을 띤 물질이 생기는것을 볼수 있다.

금속이 주위의 기체 또는 액체물질과 화학반응을 일으켜 못쓰게 되는 현상을 **금속의 부식**이라고 부른다.

금속의 부식은 크게 화학부식과 전기화학부식으로 가른다.

화학부식이란 금속이 습기없는 기체(O_2, Cl_2, H_2S 등)와 접촉할 때

일어나는 부식을 말한다. 잘 닦아서 번쩍이는 쇠줄을 불속에서 달구면 검붉은색으로 되며 보다 세게 달구면 더뎅이가 생기면서 부풀어오른다. 이것은 쇠줄이 산소와 반응하여 산화물이 생기면서 부식되는 현상이다.

$$4Fe + 3O_2 = 2Fe_2O_3$$

이 산화물은 촘촘하지 못하므로 기체가 그속으로 스며들어가 계속 작용하여 부식은 계속된다. 그러나 알루미니움의 경우에는 겉면에 생긴 Al_2O_3이 매우 촘촘하여 부식이 더는 일어나지 않는다.

전기화학부식은 전해질용액에서 일어나는 부식이다.

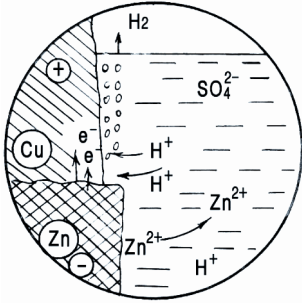
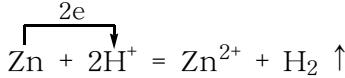
실험 류산용액에 넣은 금속판에서의 수소발생

① ㄱ자유리관에 묽은 류산용액을 넣고 거기에 잘 닦은 아연판을 넣는다. 기체가 어디서 생기는가를 본다.

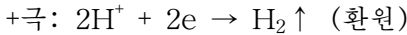
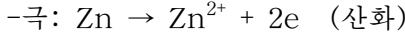
② 반대쪽에서 잘 닦은 동선을 넣어 아연판과 닿게 한다. 기체가 어디서 나오는가를 본다.

류산용액에 아연판만 넣는 경우 수소발생이 동선을 이어놓았을 때보다 약하다. 그것은 아연겉면에서 생긴 수소기체가 즉시에 떨어져나가는것이 아니라 일정한 크기의 기체방울로 되여야 떨어져나오는데 이렇게 되면 아연판과 류산용액이 잘 닿지 못하게 되며 결국 기체발생은 약하게 된다.

그림 3-10. 전기화학부식

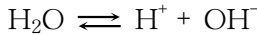
$$\overset{2e}{\overbrace{Zn + 2H^+}} = Zn^{2+} + H_2\uparrow$$

동선을 이어놓으면 활성이 서로 다른 금속으로 이루어진 전지가 형성되며 −극인 Zn으로부터 +극인 Cu쪽으로 전자가 옮겨진다.

$$-극:\ Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e \quad (산화)$$

$$+극:\ 2H^+ + 2e \rightarrow H_2\uparrow \quad (환원)$$

결과 동선에서 H_2이 생기므로 Zn판에서 Zn^{2+}가 용해되여나가는데 지장을 주지 않는다.

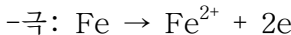
공기속에서 진행되는 부식도 이와 류사하다. 공기속에는 언제나 습기가 있고 CO_2도 있다. 금속겉면에 습기가 엉겨맺히게 되면 다음과 같은 과정이 진행되게 된다.

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$$

결국 금속은 전해질용액속에 잠겨있다고 볼수 있다.

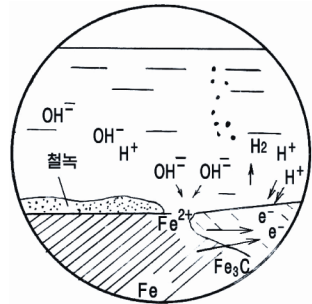
우리가 사용하는 철제품이나 강철구조물에는 탄화철 Fe_3C의 잔 알갱이들이 섞여있다. 습기가 있는 공기속에 있으면 그 겉면에 전해질용액의 얇은 막이 덮여있게 되는데 강철의 주성분인 Fe는 −극으로, Fe_3C는 +극으로 하는 많은 전지들이 형성된다.

그림 3-11. 강철의 부식

$$-극:\ Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e$$

떨어져나온 Fe^{2+}는 OH^-와 결합하여 $Fe(OH)_2$로 되여 철겉면에 나붙으며 산소에 의하여 $Fe(OH)_3$으로 변화된다. 전자는 Fe_3C에로 넘어온다.

$$+극:\ 2H^+ + 2e \rightarrow H_2$$

강철속에 Fe_3C가 없으면 전지가 형성되지 않으며 잘 부식되지도 않는다.

우리가 보게 되는 철판이나 철구조물에서의 검붉은 밤색의 물질은 $Fe(OH)_3$이다.

참고 　철의 녹조성

철의 녹조성은 공기속의 습기의 량(습도), 온도를 비롯한 조건에 따라 다르다. 보통 Fe_2O_3, $Fe_2O_3 \cdot H_2O$, $2FeO \cdot Fe_2O_3 \cdot H_2O$, $Fe(OH)_3$, Fe_3O_4들로 이루어지는데 일반식 $XFeO \cdot YFe_2O_3 \cdot ZH_2O$의 조성으로 나타낼수 있다.

금속의 보호

금속의 보호는 곧 금속의 부식방지이다. 금속의 부식은 생산과 건설에 막대한 피해를 준다. 정밀하고 값비싼 기계설비들이 부식때문에 못쓰게 되고 무기도 녹이 쓸면 자기 성능을 다 낼수 없다.

금속의 부식을 막으려면 금속겉면에 전지가 생기지 않도록 하여야 한다.

① 금속의 내부구조를 변화시킨다.

실례로 보통의 강철에 크롬이나 니켈 등을 넣어 불수강을 만들면 각종 부식에 대한 강철의 저항력을 크게 한다.

② 금속의 겉면에 부식에 견디는 물질을 입히거나 바른다.

금속의 겉면에 잘 부식되지 않는 Cr, Ni, Sn, Cu, Au, Ag과 같은 금속을 입히는 도금법이 널리 쓰인다.

녹음점이 419℃인 아연을 녹여서 거기에 철판을 잠그었다 꺼내면 아연도금철판(함석)이 얻어진다. 아연도금층이 벗겨지거나 흠집이 나면 부식된다.(그림 3-12)

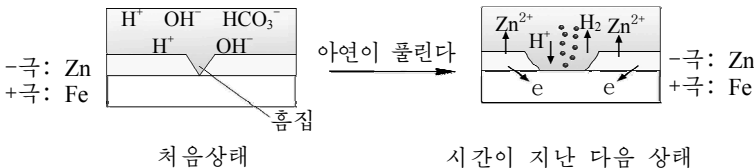



그림 3-12. 아연도금철판에서의 부식

석(녹음점 232℃)을 같은 방법으로 입힌 철판을 양철판이라고 부르는데 통졸임생산에 많이 리용된다. 양철판에 흠집이 나면 부식되는데 이때에는 철이 풀려나와 구멍이 생기므로 오래 쓸수 없게 된다.(그림 3-13)

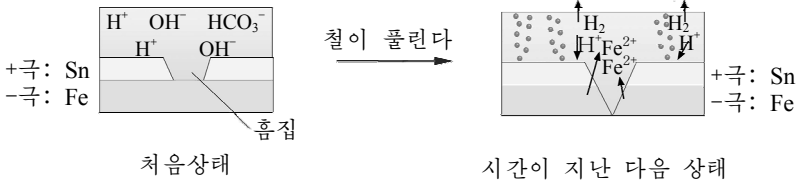



그림 3-13. 양철판에서의 부식

다른 방법으로서는 라크, 에나멜, 뼁끼, 기름과 같은 물질을 금속겉면에 바르는것도 있고 고무, 수지, 법랑을 금속겉면에 입히는 방법도 있다.

③ 금속겉면을 부식되지 않는 안정한 물질로 변화시킨다.

실례로 알루미니움제품은 겉면을 Al_2O_3의 산화물막으로 변화시킨것이며 총을 비롯한 무기와 공구류에서 검은색은 부식에 안정한 Fe_3O_4막을 입힌것이다.

④ 전지의 원리를 리용하여 금속의 부식을 막는다.

물속에 잠겨있는 설비들의 부식을 막기 위해서 철보다 활성이 센 아연과 같은 금속을 맞대여놓으면 전지가 이루어지면서 아연이 부식되고 철이 보호된다.(그림 3-14)

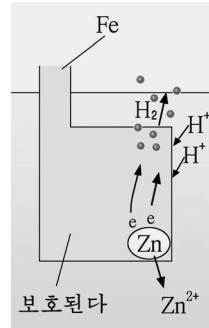



그림 3-14. 전기화학적방법에 의한 금속의 보호

문 제

1. 전기줄을 늘일 때 동선과 알루미니움선을 이어서 쓰면 인차 접촉이 나빠지거나 끊어질수 있다. 그 원인은 무엇인가?
2. 다음 현상들이 일어나는 원인을 설명하여라.
   ㄱ) 알루미니움으로 철판을 련결하면 철판이 쉽게 녹쓸지 않으나 동으로 련결하면 철판이 빨리 녹쓴다.
   ㄴ) 물에 잠겨있는 철기둥은 물겉면에 접촉된 부분이 물속에 잠긴 부분보다 쉽게 녹쓴다.
3. 도금했을 때와 도금이 벗겨지거나 흠집이 생겼을 때 서로 차이나는 현상은 무엇인가?

장 종 합

전지 ········ 화학에네르기를 전기에네르기로 전환시키는 장치

전극표시 ‖ -극: 활성이 보다 센 금속
+극: 활성이 보다 작은 금속

전극반응 ‖ -극: 산화반응 례: $Zn \rightarrow Zn^{2+}+2e$
+극: 환원반응 례: $Cu^{2+}+2e \rightarrow Cu$

전지의 구조 전해질용액에 서로 붙지 않게 두 전극을 잠근것.

축전지 ········ 전기에네르기를 화학에네르기로 전환시키는 장치

전극표시 ‖ 음극: 직류전원의 -극과 련결된 전극
양극: 직류전원의 +극과 련결된 전극

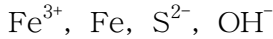
전극반응 ‖ 음극: 환원반응 례: $PbSO_4+2e \rightarrow Pb+SO_4^{2-}$
양극: 산화반응 례: $PbSO_4+2H_2O-2e \rightarrow PbO_2+SO_4^{2-}+4H^+$

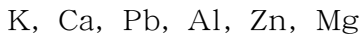
부식
- 화학부식 → 습기가 없는데서 일어나는 부식
- 전기화학부식 → 자연조건에서 일어나는 부식

금속의 보호 결면에 전지가 형성되지 않도록 하여야 한다.

복습문제

1. 아래의 표현에서 정확한것을 찾아라.
   ㄱ) 전지에서 전류는 +극에서 -극으로 흐른다.
   ㄴ) 전지에서 +극으로 되는 금속에서 산화반응이 일어난다.
   ㄷ) 다니엘전지의 경우 동전극자체에서는 화학변화가 일어나지 않는다.
   ㄹ) 아연도금한 철제품에서 도금층이 벗겨지면 철보다 아연이 쉽게 부식된다.
2. 아래에 지적된 물질알갱이중에서 Cu^{2+}이온과 반응할수 있는것은 무엇이며 그가운데서 Cu^{2+}가 산화제적성질을 가지는것을 지적하여라.

$$Fe^{3+},\ Fe,\ S^{2-},\ OH^{-}$$

3. 다음의 빈 자리에 알맞는 표현을 써넣어라.
   ㄱ) 전지는 ____를 ____로 전환시키는 장치
   축전지는 ____를 ____로 전환시키는 장치
   ㄴ) 전지가 동작할 때 전자는 _____에서 _____으로 이동하며 전류는 ____에서 ____으로 흐른다.
   ㄷ) 철은 공기중에 산소가 없다고 해도 습기가 있으면 빨리 부식된다. 이런 부식을 _____이라고 부른다. 이것은 철과 철에 들어있는 탄화철이 CO_2이 풀린 수화막에 의해 를 만들기때문이다. 이때 철은 ______으로, 탄화철은 으로 되며 이 겉면에서 ____이 생긴다.
4. 격막법과 수은법에 의한 가성소다생산에서 같은 점과 다른 점은 무엇인가?
5. 보총이나 포는 사격을 한 다음에 인차 깨끗이 청소하고 기름을 발라둔다. 그 리유는 무엇인가?
6. 광석으로부터 아래의 금속을 얻으려고 한다.

K, Ca, Pb, Al, Zn, Mg

   ㄱ) 환원제를 써서 얻을수 있는것은 어느것이고 그것은 무엇때문인가?
   ㄴ) 용융전기분해하여 얻을수 있는것은 어느것이고 그것은 무엇때문인가?

7. 소금물에 250A의 전류를 30min동안 흘러보낼 때 양극에서 염소가 몇L(표준조건) 생기겠는가? (답. 52.2L)

8. 놋 0.45g을 산에 용해시켜 만든 용액을 전기분해하였다. 이 용액으로부터 동을 전부 석출시키는데 482.5C의 전기량이 들었다. 놋에 들어있던 동의 함량은 얼마인가? (답. 35.3%)

9. 다음과 같은 금속 A, B, C, D, E가 있다.
   ① A, B 두 금속을 묽은 류산에 넣어 전지를 만들었다. 전류는 A극으로부터 흘러나온다.
   ② 금속 C는 용액에서 금속 D를 석출시킨다.
   ③ A와 C이온이 함유된 용액을 전기분해하면 음극에서 C가 먼저 석출된다.
   ④ B와 E를 물에 넣으면 E에서는 수소가 나오는데 B에서는 나오지 않는다.

   이 5개의 금속을 활성차례로 나타내여라.

10. 묽은 류산용액에 순수한 아연을 작용시킬 때 류산동용액을 몇방울 떨구어넣으면 수소가 더 세차게 나온다. 그 원인은 무엇인가?

제4장. 기본영양물질

사람들은 생명과 건강을 위하여 해빛과 공기, 물외에 반드시 음식물을 통하여 영양물질을 섭취한다.

음식물의 주요성분은 당류, 기름, 단백질, 비타민, 무기염 등이다. 이것들을 보통 영양소라고 부르며 이가운데서 생명체를 구성하며 에네르기원천으로 되는 당류, 기름, 단백질을 3대영양소라고 부른다.

표 4-1에 인체를 구성하는 주요물질의 함량을 주었다.

인체의 주요물질함량 표 4-1

물 질	몸질량에서 차지하는 몫/%
단백질	15~18
기름	10~15
당류	1~2
무기염	3~4
물	55~67
그외	1

이 장에서는 생명활동에서 없어서는 안될 중요한 영양물질인 당류와 기름, 단백질의 구조와 성질에 대하여 학습하게 된다.

제1절. 포도당과 과당

풀색식물은 빛합성에 의하여 포도당을 만들고 성장과정에 포도당은 농마 혹은 섬유소로 넘어간다.(그림 4-1)

식물체의 빛합성에 의하여 만들어지는 포도당이나 사탕, 농마, 섬유소를 당류라고 부른다. 그것은 이 물질들이 모두 가장 작은 당인 포도당, 과당으로 이루어져있기때문이다.

$$6CO_2+6H_2O \xrightarrow{\text{빛}} C_6H_{12}O_6+6O_2$$

포도당

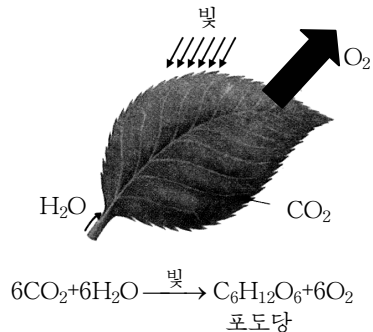



그림 4-1. 식물의 빛합성

탄수화물

당류는 본래 탄수화물이라고 불러왔다. 그것은 이 물질의 일반식을 $C_m(H_2O)_n$과 같이 바꾸어놓을수 있으므로 탄소의 수화물이라고 보고 지은 것이다. 그런데 탄소에 직접 물이 결합되여있지 않으며 당류의 화학적본성에는 맞지 않는 이름이므로 지금은 탄수화물이라고 부르지 않고있다.

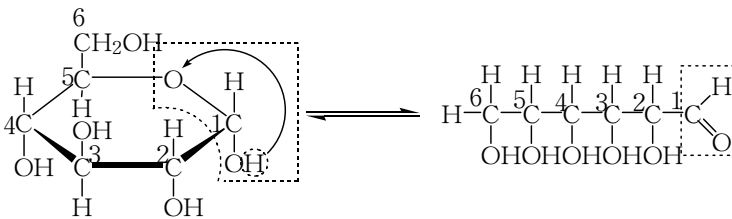
포도당(글루코즈 $C_6H_{12}O_6$)

포도당은 포도를 비롯하여 단맛을 내는 과일과 꽃의 꿀선에 들어있다.

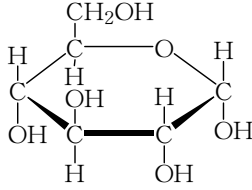
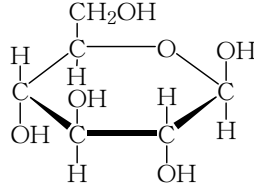
사람의 정상피속에는 포도당이 약 0.1% 들어있다. 이것을 **혈당**이라고 부른다.

ⓘ 포도당의 화학식을 보고 몰질량을 계산해보아라.

포도당은 보통조건에서 흰 결정상태의 물질이며 단맛이 있고 물에 잘 용해된다. 녹음점은 146℃이다.

결정상태에서 포도당은 고리구조(닫긴사슬형)를 가진다. 물에 용해시키면 일부 분자들은 고리가 열리면서 열린사슬형구조로 된다.

닫긴사슬형구조　　　　열린사슬형구조

※ 포도당분자에서 1번탄소에 결합되여있는 히드록실기는 고리사슬이 열릴 때 없어지고 그대신 알데히드기가 생겨난다. 이 히드록실기는 다른 히드록실기에 비하여 반응성이 특별히 세다.

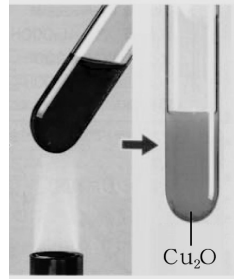
포도당에는 1번탄소원자에 결합된 히드록실기의 자리가 서로 다른 2가지 이성체가 있다.

α-포도당　　　　　　　　β-포도당

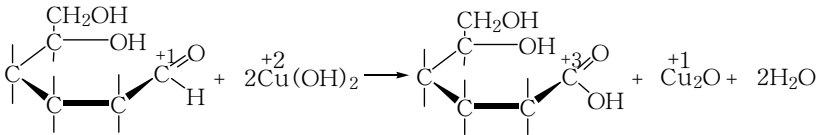
수용액상태에서 포도당분자에는 어떤 기능원자단들이 있는가.

구조로 보아 어떤 반응을 할수 있겠는가.

포도당은 분자안에 히드록실기와 알데히드기가 있으므로 알콜의 성질과 알데히드의 성질을 나타낸다.

포도당의 환원제적성질

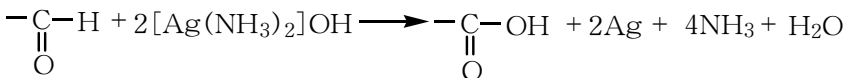
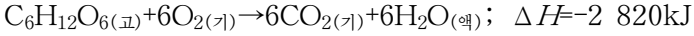
시험관에 5% 류산동용액과 10% 수산화나트리움용액을 3mL씩 넣고 10% 포도당용액 5mL를 넣은 다음 가열하고 나타나는 현상을 관찰한다.

수용액상태에서 포도당분자에는 알데히드기가 있으므로 산화된다.

$$\cdots-\overset{+1}{C}HO + 2\overset{+2}{Cu}(OH)_2 \longrightarrow \cdots-\overset{+3}{C}OOH + \overset{+1}{Cu}_2O + 2H_2O$$

글루콘산(포도당산)

포도당용액에 은암민착화합물용액을 작용시키면 포도당은 산으로 되고 은이 생긴다.

$$-\underset{\overset{\|}{O}}{C}-H + 2[Ag(NH_3)_2]OH \longrightarrow -\underset{\overset{\|}{O}}{C}-OH + 2Ag + 4NH_3 + H_2O$$

포도당은 완전산화될 때 많은 에네르기를 낸다. 포도당이 몸안에서 산화되여 생긴 에네르기는 사람의 생명활동을 유지하는데 리용된다.

$$C_6H_{12}O_{6(고)}+6O_{2(기)}\rightarrow 6CO_{2(기)}+6H_2O_{(액)};\ \Delta H=-2\ 820kJ$$

포도당은 효소인 지마제에 의하여 에틸알콜로 발효된다.

Ⓟ 이 원리를 어디에 리용할수 있는가?

포도당은 분자안에 있는 히드록실기에 의하여 알콜처럼 에스테르화반응도 한다.

포도당은 소화과정을 거치지 않고 직접 인체에 흡수될수 있으므로 5~10% 포도당용액을 만들어 몸이 약하고 혈당이 낮은 사람에게 정맥주사한다. 또한 당과류나 거울을 만드는데와 비타민C의 원료로 리용된다.

포도당은 공업적으로 산이 있는데서 농마를 가수분해시켜 만든다.

참고 사람몸안의 혈당

사람의 몸에는 일정한 량의 당이 있어야 한다. 사람의 몸에서 정상적인 혈당은 3.5×10^{-3}~6.1×10^{-3}mol/L이다. 이 값보다 높거나 낮으면 비정상적인 생리현상을 나타낸다. 혈당값이 높으면 당뇨병에 걸린다.

당뇨병은 많이 먹고 많이 마시며 오줌량이 증가하는 증상을 보이며 몸질량이 감소된다. 혈당값이 낮으면 맥이 없고 피로가 인차 온다.

이때에는 포도당을 보충해주어야 한다.

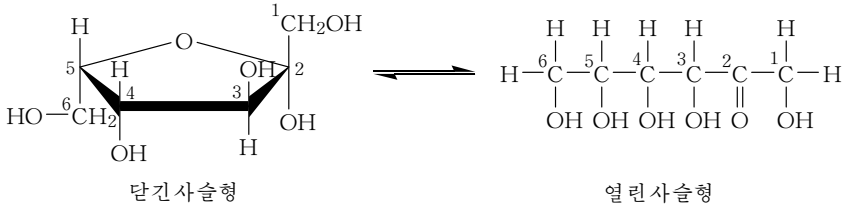
과당(푸룩토즈 $C_6H_{12}O_6$)

과당은 과일과 꿀속에 들어있는 단맛을 가진 흰색의 결정이다.

녹음점은 102℃이다.

과당의 분자식은 포도당과 같이 $C_6H_{12}O_6$으로 표시되지만 그의 구조는 다르다.

과당을 물에 용해시키면 고리가 열리면서 케톤기가 생긴다.

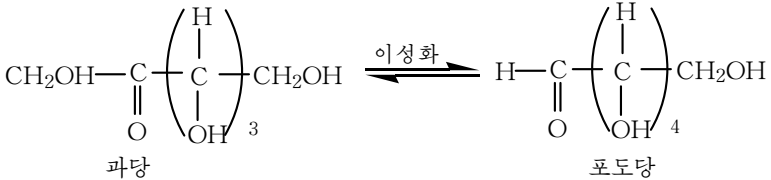
닫긴사슬형　　　　열린사슬형

과당은 분자안에 히드록실기와 케톤기가 있으므로 알콜의 성질과 케톤의 성질을 함께 나타낸다.

그런데 과당은 알카리성매질에서 은거울반응을 하며 수산화동(Ⅱ)을 환원시킨다.

과당이 어떻게 환원제적성질을 나타내겠는가.

알카리성매질에서 과당은 쉽게 포도당으로 이성화된다.

$$CH_2OH-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-\left(\begin{array}{c}H\\|\\C\\|\\OH\end{array}\right)_3-CH_2OH \quad \underset{}{\overset{\text{이성화}}{\rightleftharpoons}} \quad H-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-\left(\begin{array}{c}H\\|\\C\\|\\OH\end{array}\right)_4-CH_2OH$$

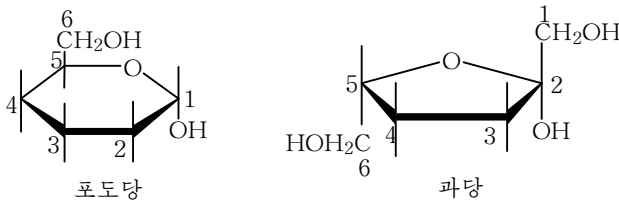
과당　　　　포도당

이렇게 생긴 포도당에 의하여 환원제적성질이 나타난다.

이 반응은 이성화효소에 의하여 일어난다.

포도당과 과당의 혼합물은 꿀의 단맛과 비슷하며 옥당이라고 부른다.

Ⓟ 과당은 효소가 있는데서 에틸알콜로 발효된다. 방정식을 써보아라.

※ 포도당과 과당은 간단히 다음과 같이 표시한다.

포도당　　　　과당

문 제

1. 포도당에 대한 아래의 표현에서 틀린것은 어느것인가? 그 근거를 쓰고 옳은 표현으로 고쳐라.

ㄱ) 포도당의 분자식은 $C_6H_{12}O_6$이다.

ㄴ) 에스테르화반응과 은거울반응을 할수 있다.

ㄷ) 수소가 부가되여 6가알콜을 만들수 있다.

ㄹ) 가수분해되여 알콜이 생긴다.

ㅁ) 포도당과 과당은 이성체관계에 있다.

ㅂ) 산화되여 CO_2과 H_2O로 될수 있다.

2. 1㏖의 포도당이 은거울반응을 할 때 필요되는 은암민착화합물은 __㏖이며 반응후 포도당은 ____로 변한다. 그 구조식은 ____이다. 만약 포도당과 초산이 완전히 반응한다면 초산은 ____㏖이 필요된다. 또한 포도당을 전부 CO_2과 H_2O로 되게 한다면 이때 요구되는 산소의 체적은 표준조건에서 ____L 차지한다. 이 산화반응은 ____열반응이다. 포도당은 발효되여 알콜을 만든다. 이때 생기는 기체는 표준조건에서 체적으로 ____L이다.

3. 포도당의 분자량은 180이다. 그중에 탄소가 40%이고 수소가 6.7%이며 나머지는 산소이다. 포도당의 분자식을 나타내여라.

4. 당뇨병환자의 오줌에는 비교적 많은 량의 포도당이 들어있다. 화학적인 방법으로 환자의 병이 당뇨병인가를 알아내여라.

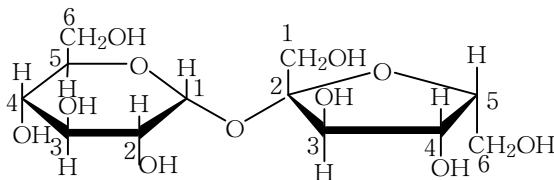
5. 보온병유리에 은을 입힐 때 포도당을 환원제로 쓴다. 한개의 보온병유리에 은을 0.3g 입힌다고 할 때 매일 5 000개씩 생산하는 공장에서 하루에 98% 포도당이 몇㎏이나 필요한가? (**답.** 약 1.28㎏)

제2절. 사탕과 길금당

사탕(사카로즈 $C_{12}H_{22}O_{11}$)

사탕은 식물계에 매우 널리 퍼져있다. 특히 사탕수수(함량 11~17%)와 사탕무우(함량 14~26%)에 많이 들어있다.

사탕은 182℃에서 녹으며 물에 용해되는 색이 없는 결정이다.

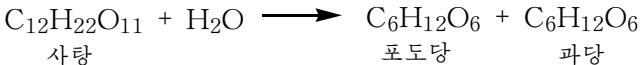
사탕은 포도당분자와 과당분자사이에서 물 한 분자가 떨어지면서 이루어진 화합물이다.

실험으로 사탕의 성질과 그의 구조를 알아보자.

사탕의 성질

깨끗이 씻은 2개의 시험관에 20%의 사탕용액을 1mL씩 각각 넣는다. 그중 한 시험관에는 3방울의 묽은 류산을 넣고 2개의 시험관을 5min동안 수욕에서 가열한다. 그다음 묽은 류산을 넣은 시험관에 CO_2거품이 나오지 않을 때까지 Na_2CO_3가루를 넣어 산을 중화시킨다. 우의 2개의 시험관에 각각 페링액 혹은 갓 만든 $Cu(OH)_2$용액을 넣은 다음 가열한다. 나타나는 현상을 관찰한다.

사탕은 은거울반응을 하지 않으며 갓 만든 $Cu(OH)_2$을 환원시키지 않는다. 이것은 사탕분자안에 알데히드기가 없다는것을 말해준다.

류산촉매가 있는데서 사탕은 가수분해되여 포도당과 파당으로 된다.

$$\underset{\text{사탕}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \longrightarrow \underset{\text{포도당}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{파당}}{C_6H_{12}O_6}$$

이로하여 사탕이 가수분해된 후에는 은거울반응을 하며 갓 만든 $Cu(OH)_2$을 환원시킨다. 사탕의 가수분해를 **전화**라고 부르며 전화에 의하여 얻어진 혼합물을 **전화당**이라고 부른다. 전화당은 그 조성과 맛이 꿀과 비슷하므로 이 용액을 **인조꿀**이라고도 부른다.

※ 천연꿀은 천연전화당을 기본조성으로 한다.

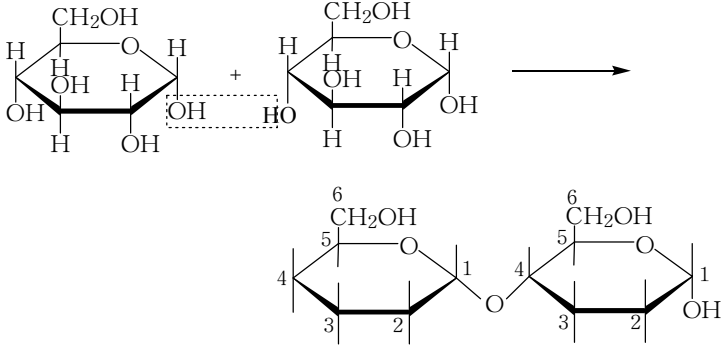
길금당(말토즈, 맥아당 $C_{12}H_{22}O_{11}$)

길금당은 여러가지 낟알의 길금에 들어있으므로 그렇게 부르게 되였다.

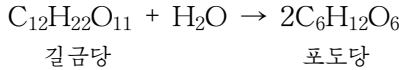
길금당이라는 이름의 유래

여러가지 낟알이 싹틀 때 그안에는 아밀라제라고 부르는 효소가 생긴다. 이 효소에 의하여 농마가 가수분해되며 그 가수분해산물을 영양물로 섭취하여 싹이 자란다. 그런데 보리싹(길금)에 아밀라제라는 효소가 제일 많으므로 주로 보리싹을 농마의 가수분해에 리용한다. 이때 두당류가 생기는데 길금에 의하여 얻어진 당이라고 하여 길금당이라고 부르게 되였다.

길금당은 물엿의 주요성분으로서 녹음점이 103℃인 단맛이 있는 무색의 결정이다.

길금당은 두 분자의 포도당으로부터 물 한분자가 떨어지면서 이루어진 화합물이며 그의 분자식은 사탕과 같이 $C_{12}H_{22}O_{11}$이다.

길금당은 산 또는 효소가 있는데서 가수분해되며 이때 포도당이 얻어진다.

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 2C_6H_{12}O_6$$

길금당　　　　　　　　포도당

길금당은 수용액에서는 고리 하나가 열리면서 분자안에 알데히드기가 생겨 환원제적성질을 나타낸다.

길금당은 농마를 불완전가수분해할 때 얻어진다.

길금당은 빵, 과자를 비롯한 음식물의 단맛을 내는데 리용된다.

※ 사탕, 길금당과 같이 물과 작용하여 두 분자의 하나당을 만드는 물질을 두당류라고 부르며 포도당이나 과당처럼 더 작은 당으로 갈라지지 않는 당을 하나당류라고 부른다.

당의 당도비교　　　　표 4-2

사탕	100
과당	175
포도당	74
길금당	32

문 제

1. 길금당과 사탕을 서로 비교한 아래의 설명들가운데서 틀린것은 (   )이다.
   ㄱ) 이것들의 분자식은 서로 다르다. 사탕의 분자식은 $C_{12}H_{22}O_{11}$
   ㄴ) 이것들의 분자구조는 서로 다르다. 사탕분자에는 알데히드기가 없다.
   ㄷ) 이것들은 이성체가 아니다. 동족체이다.
   ㄹ) 사탕은 가수분해할수 있으나 길금당은 가수분해할수 없다.
2. 어떤 유기물질의 결정을 분석하고 다음과 같은것을 알아냈다.
   ㄱ) 이 물질은 탄소, 수소, 산소의 3가지 원소로 이루어졌다.
   ㄴ) 이 물질의 분자량은 342이다.
   ㄷ) 분자에서 원자수비는 H:O=2:1, H는 C에 비해 10개 더 많다.
   ㄹ) 이 물질은 물에 쉽게 용해되며 그 수용액에 묽은 류산용액을 넣고 가열하고 얻어진 생성물에 새로 만든 $Cu(OH)_2$용액을 넣어 반응시키면 붉은색침전물이 생긴다. 이 화합물의 분자식과 이름을 알아내여라.
3. 세개의 시험관에 제가끔 사탕용액과 길금당용액, 물이 들어있다. 어느 시험관에 무엇이 들어있는지 알려면 어떻게 해야 하겠는가?
4. 물을 조금 포함하는 사탕 0.9g을 묽은 류산과 반응시켜 완전히 가수분해한 뒤에 중화시키고 많은 량의 새로 만든 $Cu(OH)_2$용액을 넣어 열준 결과 붉은색침전물이 0.715g 만들어졌다.
   ㄱ) 붉은색침전물의 이름과 화학식을 써라.
   ㄴ) 사탕이 가수분해되여 생기는 하나당류의 이름을 써라.
   ㄷ) 우의 새로 만든 $Cu(OH)_2$용액과의 반응에서 하나당류 각각 1㏖로부터 붉은색침전물이 1㏖씩 얻어진다고 가정하면 사탕에 물이 몇% 포함되여있는셈인가? (답. 5%)
   ㄹ) 이 사탕을 완전히 말린 다음 3.42g을 물에 용해시켜 10% 용액으로 만들고 적당한 효모를 넣어 발효시켰다. 이때 알콜만이 생긴다고 보고 사탕의 변화방정식을 써라. 이때 얻어지는 기체는 0℃, 0.1MPa에서 몇mL이겠는가? (답. 896mL)
5. 길금당을 95.6% 포함한 당 200g으로 몇g의 알콜을 만들수 있겠는가? 그만한 알콜로 몇g의 초산을 만들수 있겠는가? 이 초산을 400g의 물에 용해시킨 후 그 초산용액의 밀도가 1.031g/㎤라는것을 측정하였다면 그 초산용액의 %농도와 몰농도는 얼마인가?

(답. 103.04g, 134.2g, 25.1%, 4.32㏖/L)

제3절. 농 마

강냉이를 가공하여 농마, 당분, 기름과 같은 여러가지 영양물질들을 골고루 뽑아내는것은 식료품의 가지수를 늘이고 근로자들의 식생활을 높이는데서 매우 중요한 의의를 가진다.

위대한 수령님과 위대한 장군님의 현명한 령도에 의하여 각곳에 일떠선 곡산공장들에서는 알곡을 가공하여 국수, 사탕, 과자, 옥당, 엿, 포도당, 기름과 같은 식료품들을 생산하고있다.

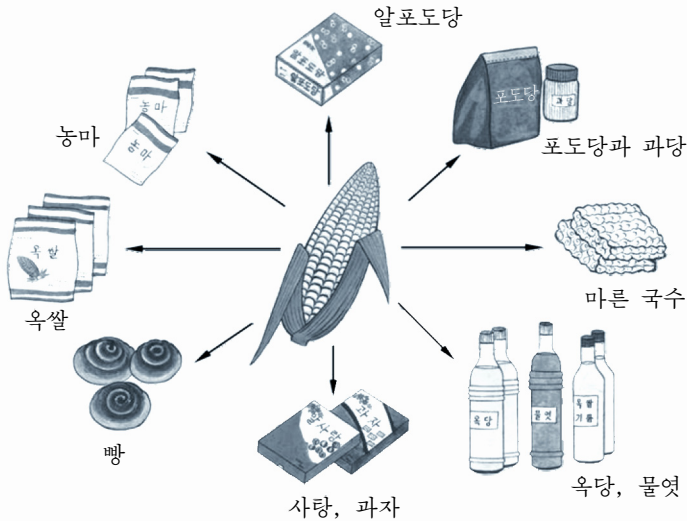



그림 4-2. 강냉이로부터 얻어지는 식료품들

농마의 존재와 구조

쌀, 강냉이, 감자를 비롯한 알곡의 주요성분은 당류 특히 농마이다.(그림 4-3)

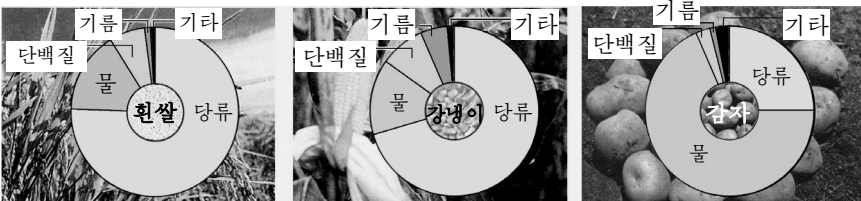
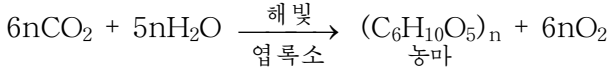



그림 4-3. 흰쌀과 강냉이, 감자의 영양성분

농마는 식물체에서 엽록소의 촉매작용에 의하여 CO_2과 H_2O로부터 빛합성되는 천연고분자화합물이다.

$$6nCO_2 + 5nH_2O \xrightarrow[\text{엽록소}]{\text{해빛}} \underset{\text{농마}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + 6nO_2$$

※ 분자량이 1만이 넘는 큰 분자를 고분자 혹은 고분자화합물이라고 부른다.
고분자화합물은 어떻게 만들어졌는가에 따라 천연고분자화합물과 합성고분자화합물로 갈라본다.

? 빛합성이란 어떤 반응인가?

이렇게 합성된 농마는 식물의 열매나 덩이줄기, 덩이뿌리에 알갱이모양으로 저장된다.(그림 4-4)

농마는 흰쌀에 약 72~82%, 강냉이에 61~75%, 밀에 63%, 감자에 12~24% 들어있다.

농마알갱이는 수많은 농마분자들이 엉겨 모인것이다.

그림 4-4. 농마알갱이

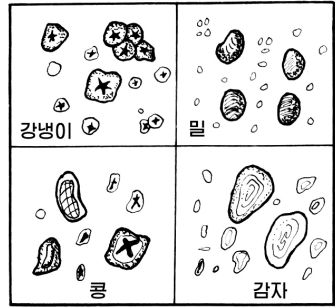
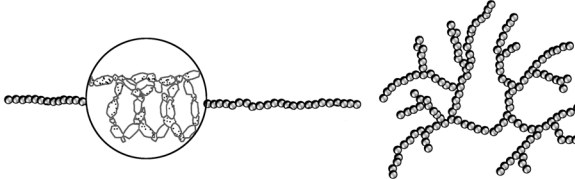
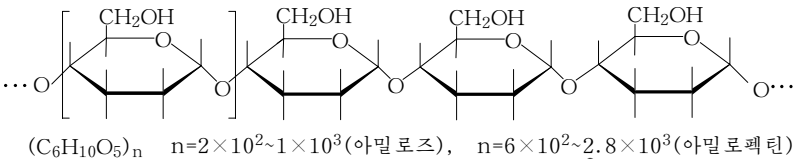
농마분자는 수많은 α-포도당들이 결합된 고분자이다. 분자량은 2만~20만이다.

ㄱ) 아밀로즈 ㄴ) 아밀로펙틴

그림 4-5. 농마구조의 모형

아밀로즈의 실사슬은 용수철모양으로 말려있다.

※ 밀: 아밀로펙틴 76%, 아밀로즈 24%, 찹쌀: 아밀로펙틴 100%

농마분자에는 α-포도당이 실사슬로 결합되여 이루어진것과 가지를 치면서 결합되여 이루어진것이 있다. 실사슬로 이루어진것을 아밀로즈, 가지로 이루어진것을 아밀로펙틴이라고 부른다.(그림 4-5)

농마의 성질

농마알갱이는 냄새와 맛이 없고 찬물에는 용해되지 않는 흰 가루이다. 뜨거운 물에서는 부풀면서 끈기있는 농마풀로 된다.

이 끈기는 주로 아밀로펙틴에 의한것이다.

? 찹쌀을 가지고 만든 떡은 끈기가 매우 세다. 왜 그런가?

농마는 보통 환원제적성질이 없다. 왜 그런가?

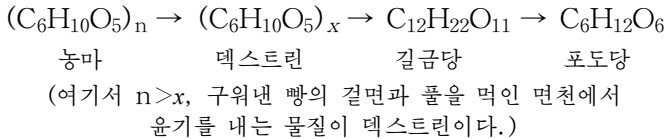
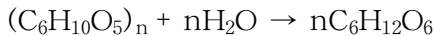
농마는 산 또는 효소가 있는데서 덱스트린, 길금당을 거쳐 포도당으로까지 차례로 가수분해된다.

$$(C_6H_{10}O_5)_n \rightarrow (C_6H_{10}O_5)_x \rightarrow C_{12}H_{22}O_{11} \rightarrow C_6H_{12}O_6$$

농마 덱스트린 길금당 포도당

(여기서 $n>x$, 구워낸 빵의 걸면과 풀을 먹인 면천에서 윤기를 내는 물질이 덱스트린이다.)

이 반응을 간단히 나타내면

$$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$$

밥을 오래 씹으면 왜 단맛이 나는가.

농마의 가수분해는 사람의 몸안에서도 일어난다.

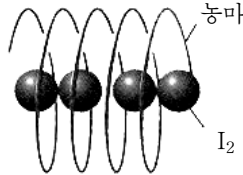
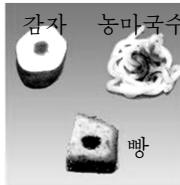
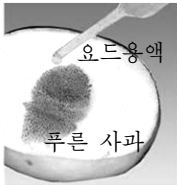
밥을 오래 씹으면 침에 있는 효소에 의하여 밥의 기본성분인 농마가 길금당 또는 포도당으로까지 가수분해되므로 단맛을 느낀다.

농마에 요드용액을 작용시키면 검푸른색이 나타난다.(요드-농마반응)

요드와 반응할 때 아밀로즈에서는 진한 푸른색이 나타나고 아밀로펙틴에서는 붉은보라색이 나타난다. 요드-농마반응에서는 이 두 색이 어울려 검푸른색으로 나타난다. 이때 요드분자는 농마분자사슬에 끼여든다.

요드 - 농마반응

푸른 사과쪼각, 감자, 빵, 농마국수에 스포이드로 묽은 요드용액을 1~2방울 떨군다. 어떤 색이 나타나는가를 본다.

요드용액: KI용액에 I_2를 용해시킨것

농마의 리용

농마는 음식물의 중요한 성분이며 에네르기원천의 하나이다. 공업에서는 포도당과 알콜의 제조에 쓰인다. 공장에서는 강냉이농마를 가수분해하여 엿과 포도당을 만들고 포도당으로부터 옥당을 만든다. 엿은 덱스트린, 길금당, 포도당의 혼합물로서 영양가가 높은 식료품이다.

글리코겐

농마의 종류에는 글리코겐이라는 동물성농마도 있다. 글리코겐은 α-포도당들이 결합된 가지사슬(아밀로펙틴보다 가지가 더 많다.)구조를 이루고있으며 농마와 성질이 비슷하다.

사람과 동물의 간장, 근육에 많이 들어있다. 간장의 글리코겐은 포도당으로 분해되여 피속에 들어가며 근육의 글리코겐은 근육수축의 에네르기원천으로 된다.

문 제

1. 엿을 만들 때에는 농마풀에 길금을 조금 넣고 끓인다. 길금은 어떤 역할을 하는가?
2. 농마 1t을 완전히 분해하여 포도당을 얻었다. 얼마나 얻었겠는가? (답. 1.1t)
3. 어느 공장에서 54%의 농마를 포함하는 마른 감자 2t으로 알콜을 만들려고 한다. 발효과정에 85%의 농마가 알콜로 전환된다고 보면 50%의 물을 포함하는 알콜은 얼마나 얻어지는가? (답. 1.04t)

제4절. 섬유소

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《…섬유문제를 해결하기 위하여서는 화학섬유를 많이 생산하는데 중점을 두어야 합니다. 나무로도 섬유를 생산하고 카바이드와 갈, 강냉이대로도 섬유를 생산해야 합니다.》

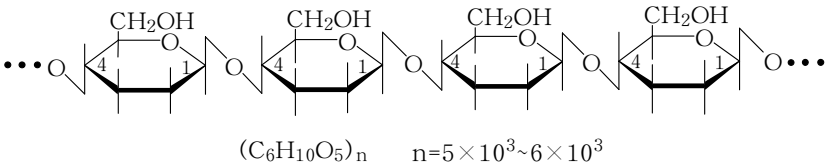
위대한 수령님과 위대한 장군님께서는 우리 인민들에게 더 많은옷감이 차례지도록 하기 위하여 현대적인 화학섬유공장들을 일떠세워주시고 이름없던 섬에 갈밭을 꾸려 《비단섬》으로 부르도록 하여주시였다. 오늘 우리 나라에서는 나무와 갈을 비롯한 여러가지 원료로부터 갖가지 인조섬유를 생산하고있으며 카바이드로부터 합성섬유를 생산하고있다.

섬유소는 자연계에 퍼져있는 천연고분자화합물이다. 나무, 갈, 강냉이대를 비롯한 식물에 많이 들어있다. 섬유소는 식물체의 약 30~50%를 차지한다. 자연계에서 거의 순수한 섬유소로 얻어지는 것은 목화이다.

섬유소의 구조

섬유소는 수많은 β-포도당들이 축합된 고분자이며 화학식은 농마와 같이 $(C_6H_{10}O_5)_n$으로 표시된다. 섬유소는 또한 매 포도당단위마다에 3개의 히드록실기가 있으므로 화학식을 간단히 $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$으로 쓰기도 한다. 분자량은 50만~200만이다.

섬유소와 농마의 구조는 서로 다르다.

$(C_6H_{10}O_5)_n$ $n=5\times10^3$~6×10^3

섬유소는 농마와는 달리 오직 가지없는 실사슬구조로만 되여있고 그 길이도 훨씬 길다.(그림 4-6)

Ⓟ 섬유소의 구조가 아밀로즈의 구조와 비슷한 점과 다른 점은 무엇인가?

섬유소분자들은 무질서하게 놓여있지 않다. 실모양의 섬유소분자들이 서로 평행으로 질서있게 놓여서 안정한 섬유소분자묶음을 이루고있다.(그림 4-7) 섬유소분자들은 서로 가까이 놓일수 있으므로 분자들사이에 작용하는 힘이 세기때문에 가느다란 실로 뽑을 때에도 끊어지지 않는다.

그림 4-6. 섬유소의 구조모형

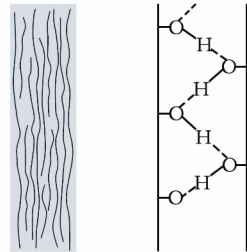



그림 4-7. 섬유소분자묶음

섬유소의 성질

섬유소는 냄새와 맛이 없는 흰색의 물질이다. 물과 알콜, 에테르 등 유기용매에 용해되지 않는다.

? 섬유소는 농마처럼 환원제적성질이 없다. 왜 그런가?

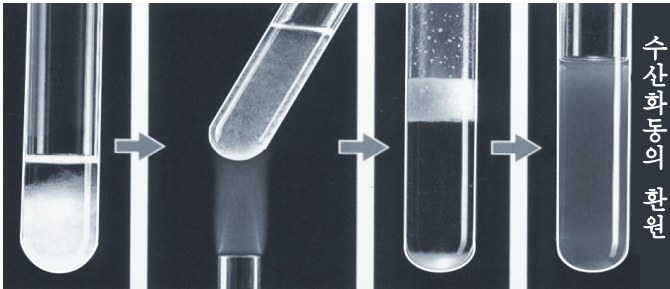
섬유소도 농마처럼 가수분해되겠는가. 실험으로 알아보자.

실험

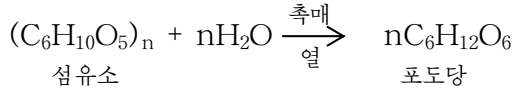
섬유소의 가수분해

시험관에 목화솜 혹은 작은 려지를 넣고 짙은 류산을 넣어 흔든다. 어떤 현상이 나타나겠는가?

묵처럼 된 섬유소를 물이 든 시험관에 옮기고 약한 불로 가열한다. 식힌 다음 3방울의 $CuSO_4$용액과 많은 량의 $NaOH$ 용액을 넣어 산을 중화시키며 $Cu(OH)_2$침전물이 생기게 한다. 시험관에 열을 준다. 용액의 색은 어떻게 변하는가?

수산화동의 환원

Cu_2O침전물이 생기므로 용액의 색은 붉은색으로 변한다.

섬유소는 산이 있는데서 가수분해되여 환원제적성질을 가지는 물질을 만든다. 섬유소가 가수분해되여 생긴 최종생성물은 포도당이다.

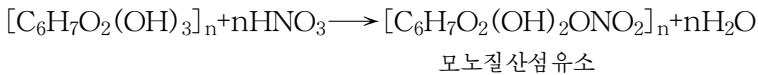
$$\underset{\text{섬유소}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + nH_2O \xrightarrow[\text{열}]{\text{촉매}} \underset{\text{포도당}}{nC_6H_{12}O_6}$$

사람은 섬유소를 분해시키지 못한다. 그러나 소나 양, 염소를 비롯한 일부 동물들은 풀을 먹고 산다. 이것은 무엇을 말해주는가.

섬유소는 효소에 의해서도 가수분해될수 있다.

※ 농마나 섬유소와 같이 물과 작용하여 여러개의 하나당류를 만드는 당을 여러당류라고 부른다.

섬유소분자에는 매우 많은 히드록실기가 있으므로 알콜처럼 산과 반응하여 에스테르를 만든다.

질산과 반응하여 질산섬유소를 만든다.

$$[C_6H_7O_2(OH)_3]_n + nHNO_3 \longrightarrow \underset{\text{모노질산섬유소}}{[C_6H_7O_2(OH)_2ONO_2]_n} + nH_2O$$

반응조건에 따라 디질산섬유소 $[C_6H_7O_2(OH)(ONO_2)_2]_n$, 트리질산섬유소 $[C_6H_7O_2(ONO_2)_3]_n$가 얻어질수 있다.

질소함량이 12.7~13.5%인 질산섬유소는 무연화약으로 쓰이고 11~12%인것은 칠감, 셀룰로이드, 콜로디온막을 만드는데 쓰인다.

초산과 반응하여 초산섬유소를 만든다.

초산섬유소는 가소물, 필림, 초산인견을 만드는데 쓰인다.

섬유소의 리용

섬유소는 팔프, 종이생산의 원료이다.

종이나 인조섬유의 원료로 쓰기 위하여 나무와 갈, 강냉이짚 같은데서 순수한 섬유소만을 갈라낸것을 팔프라고 부른다. 팔프를 물에 넣고 활석, 수지와 같은것들을 약간 섞은 다음 종이만드는 기계(초지기)에 넣으면 젖은 종이가 된다. 다음 이것이 건조통에 들어가 걸면이 매끈하게 다져지면서 종이가 된다. 활석은 종이의 걸면을 매끈하게 하며 수지는 잉크가 피지 않게 한다.

섬유소로 섬유를 만든다.

비스코스인조섬유

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《수령님께서는 비날론공업뿐아니라 갈에서 천을 생산하는 화학섬유공업을 발전시키기 위하여서도 많은 힘을 기울이시였습니다.》

오늘 우리 나라에서는 나무와 갈로부터 질좋은 비스코스인조섬유를 생산하고있다.

천을 짤수 있도록 실모양으로 가늘게 뽑은 고분자화합물이 섬유이다.

참고 갈을 원료로 하는 인조섬유공업

1954년 7월 위대한 수령님께서는 길주팔프공장에 찾아오시여 마형옥과학자에게 우리 나라에는 백양나무처럼 빨리 자라는 넓은잎나무와 갈이 많은데 그것을 효과적으로 리용하기 위한 연구사업을 할데 대하여 뜨겁게 말씀하시였다.

위대한 수령님께서는 전후의 그 어려운 조건에서도 이 연구사업에 필요한 실험기구와 시약들을 비행기로 몸소 보내주시고 제기되는 문제들을 하나하나 풀어주시였다.

위대한 수령님께서는 무성한 잡초밭의 아침이슬을 맞으시며 갈을 기본원료로 하는 화학섬유공장의 터전을 잡아주시고 풍랑사나운 서해의 배길을 헤치시며 믿음직한 원료기지도 잡아주시였다. 뿐만아니라 과학자의 연구사업정형을 몸소 구체적으로 료해하시고 갈에서 섬유를 뽑는것을 의심하지 않는다고, 신심이 있다고 고무해주시였다.

위대한 수령님의 크나큰 믿음과 은정속에서 마형옥과학자는 드디여 1961년 세계적으로 처음으로 갈을 원료로 하는 중간공장시험에 성공하였으며 갈섬유공업화를 실현하였다.

고분자화합물이 섬유로 되자면 고분자가 가지없는 실사슬구조를 이루고있어야 하며 그 분자들이 한방향으로 질서있게 배렬되여있어야 한다. 그래야 고분자들사이에 끌힘이 커서 당겨도 끊어지지 않는 섬유로 된다.

섬유를 만들 때에는 실사슬구조를 가진 천연고분자화합물(목화솜, 누에고치)을 리용하거나 저분자물질(분자량이 작은 물질)을 원료로 하여 고분자물질을 합성한 다음 그것을 질서있게 한방향으로 배렬시켜야 한다.

비스코스인조섬유는 어떻게 만드는가. 기본원료는 팔프이다. 팔프에서 무질서하게 배치되여있는 섬유소분자들을 질서있게 배렬시키기 위하여 다음과 같이 한다.

우선 팔프를 17~18%의 가성소다용액과 작용시켜 알카리섬유소를 만든다. 알카리섬유소를 이류화탄소와 반응시키면 섬유소크산토겐산나트리움이 얻어진다. 섬유소크산토겐산나트리움을 묽은 가성소다용액에 용해시키면 끈기있는 용액인 비스코스가 된다.(그림 4-8)

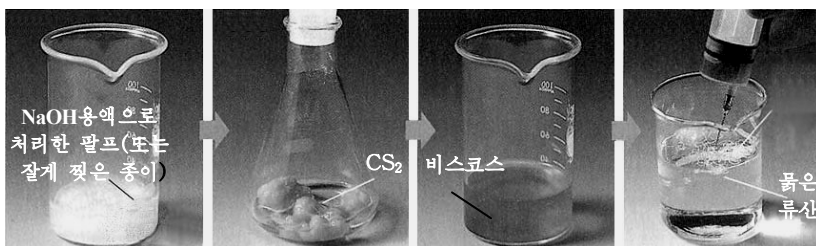



그림 4-8. 인조섬유의 합성

※ 비스코스라는 말은 라틴어로 《진득진득한것》을 의미한다.

다음 비스코스(방사액)를 노즐을 거쳐 류산용액(응고액)속으로 방사하면 섬유소크산토겐산나트리움이 류산과 반응하여 섬유소로 되살아나 질서있게 배렬된다.

※ 방사란 섬유원료를 용매에 풀어서 일정한 압력으로 가는 구멍(노즐:1㎠의 면적에 구멍이 60개 혹은 4 000개 뚫린것이 있다.)을 거쳐 밀어내는것을 말한다.

방사하여 얻은 섬유를 물로 씻고 잡아늘구어 말리우면 인조섬유(재생섬유라고도 부른다.)로 된다. 얻어진 섬유를 짧게 잘라서 솜처럼 만든것이 스프이다.

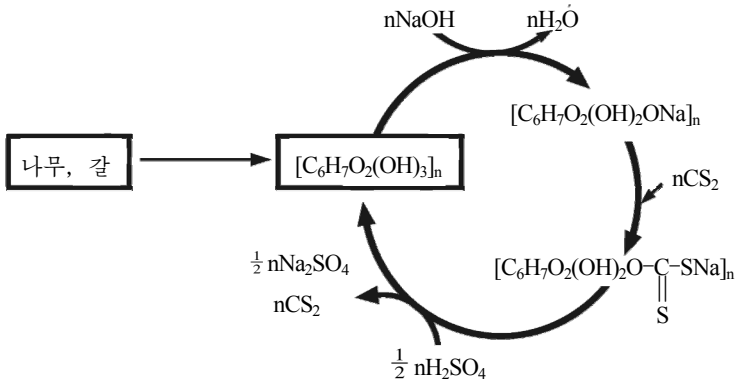



그림 4-9. 비스코스를 만드는 과정은 섬유소의 재생과정이다

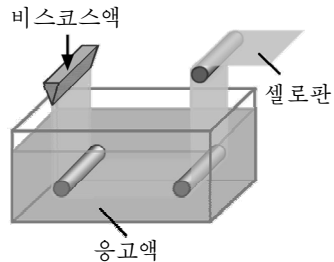
그림 4-10. 셀로판만들기

비스코스를 실틈사이를 거쳐 응고액속으로 내보내면 셀로판막이 얻어진다.(그림 4-10)

지금은 섬유소를 직접 용매(NMMO: N-메틸모르폴린옥시드)에 용해시키고 응고욕에서 응고시켜 《리오쎌》이라고 하는 섬유를 생산하고있다.

리오쎌섬유는 비스코스섬유보다 질이 훨씬 더 좋다. 이 섬유의 세기는 지금까지 알려진 인조섬유가운데서 제일 크며 합성섬유인 데트론과 비슷하다.

이 섬유는 가벼우면서도 질기고 빨아도 줄지 않으며 흡수성이 좋다. 그러므로 여러가지 뜨개옷, 샤쯔, 운동복을 만들수 있으며 다른 섬유와 혼방하여 쓸수도 있다.

리오쎌섬유는 원료원천이 풍부하고 원료소비가 비스코스섬유보다 훨씬 적다. 비스코스 1t 생산하는데 NaOH, CS_2, $ZnSO_4$과 같은 원료가 3.5~4t 소비되지만 리오쎌섬유 1t 생산하는데 용매가 0.05~0.08t밖에 소비되지 않을뿐아니라 99.5%까지 회수하여 쓰며 물은 완전히 재순환하여 쓴다. 또한 생산공정이 간단하고 생산주기가 짧다.(비스코스섬유생산에서는 40~50h, 리오쎌섬유생산에서는 3h 정도 걸린다.)

리오쎌섬유는 만드는 과정에 화학반응이 진행되지 않으므로 유해가스 등 페설물이 없어 공해를 일으키지 않는다. 그러나 비스코스섬유생산과정에는 CS_2, H_2S, SO_2 등이 생기므로 유해가스가 생겨 섬유 t당 300~450m^3의 페수가 나와 강하천을 오염시킨다.

리오쎌섬유제품은 짧은 시간내에 생물분해될수 있으므로 그 페설물은 오염을 일으키지 않는다.

음식물에 들어있는 섬유소는 사람의 소화과정에서 중요한 작용을 한다. 즉 밸의 운동과 소화액의 분비를 자극시켜 음식물의 소화와 배설을 돕는다.

참 고 — 세상에 처음 나온 화학섬유-인조섬유와 샤르돈네

샤르돈네(프. 1839-1924)는 누에가 뽕잎을 먹고 실을 토하는것을 보면서 뽕잎을 가지고 섬유를 만들어볼 생각을 하였다. 그는 뽕잎을 분쇄하고 그것을 질산에 녹여 니트로섬유소를 만들고 그것을 주사기로 뽑아 비단실처럼 윤기나고 촉감도 아주 부드러운 실을 만들었다. 그는 이 화학섬유를 태양의 해살과 같다는 뜻에서 《레욘》이라고 부르고 1884년 영국에서 열린 《만국박람회》에 내놓았다.

최초의 화학섬유 《레욘》은 비단실보다 더 아름다와 관람자들의 인기를 독점하였다. 그런데 그후 끔찍한 일이 벌어졌다.

당시 귀족부인들이 서로 다투어 새로 나온 이 비단천으로 야회복을 해입고있었는데 어느날 담배불이 그 옷에 떨어지자 옷은 순식간에 타버렸으며 그 옷을 입고있던 귀족부인은 화상을 입고 죽고말았다. 사실상 니트로섬유소는 화약이였던것이다. 그후 샤르돈네는 더욱 분발하여 1891년 오늘의 비스코스섬유를 만드는데 성공하였다.

문 제

1. 다음 물음에 대답하여라.

 1) 아래 물질들가운데서 천연고분자화합물에 속하는것은 어느것인가?

 ㄱ) 섬유소 ㄴ) 사탕 ㄷ) 농마 ㄹ) 길금당

 2) 아래 물질들가운데서 환원제적성질을 가지는 당류는 어느것이며 가수분해되여 얻어진 최종생성물이 2가지 물질인것은 어느것인가?

 ㄱ) $C_6H_{12}O_6$(포도당) ㄴ) $C_{12}H_{22}O_{11}$(사탕)

 ㄷ) $(C_6H_{10}O_5)_n$(농마) ㄹ) $(C_6H_{10}O_5)_n$(섬유소)

3) 농마와 섬유소에 대한 서술에서 정확하지 않은것은 어느것인가?

ㄱ) 이것들의 일반식은 모두 $(C_6H_{10}O_5)_n$이다. 서로 이성체이다.

ㄴ) 이것들은 모두 혼합물이다.

ㄷ) 이것들은 모두 가수분해될수 있다. 최종생성물은 모두 포도당이다.

ㄹ) 모두 천연고분자화합물이다.

2. 간단히 대답하여라.

ㄱ) 섬유소도 농마처럼 가수분해되여 포도당으로 된다. 그런데 왜 사람은 섬유소를 직접 영양물질로 섭취할수 없는가?

ㄴ) 농마로는 왜 섬유를 만들지 못하는가?

3. 분자량이 아래와 같은 섬유소분자에 포도당고리가 몇개 들어있는가?

ㄱ) 솜의 섬유소분자량 1 750 000

ㄴ) 아마의 섬유소분자량 5 900 000

제5절. 에스테르, 기름

에스테르

Ⓠ 에스테르는 어떤 반응에 의해서 생기는가? 화학반응식을 써라. 카르본산의 분자구조와 비교하여 에스테르란 어떤 물질인가를 말해보아라.

에스테르는 동식물체에 들어있다.

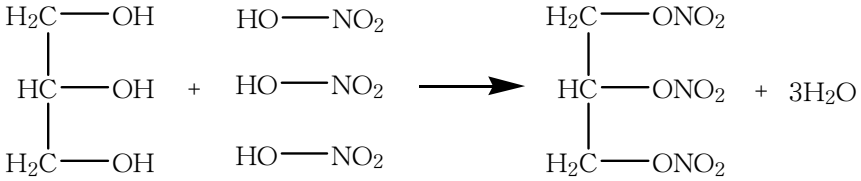
여러가지 에스테르 표 4-3

에스테르의 종류	에스테르를 이루는 성분	
	알콜	카르본산
파일향물질	저급알콜	저급카르본산
밀	고급알콜	고급카르본산
동식물성기름	글리세린	카르본산(탄소원자수 4~20)

사과, 배, 살구 같은 파일과 꽃의 향기로운 냄새는 그속에 에스테르가 들어있기때문이다. 밀도는 일반적으로 물보다 작고 물에는 용해되기 힘드나 다른 유기화합물을 잘 용해시킨다.

에스테르는 알콜과 무기산이 반응할 때에도 만들어진다.

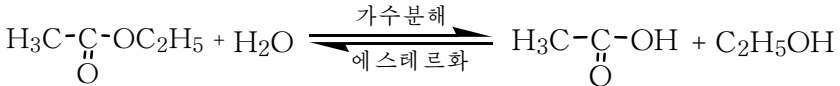
니트로글리세린은 글리세린이 질산과 반응하여 만들어진 글리세린의 질산에스테르이다. (무기산에스테르)

$$\begin{array}{l} H_2C-OH \\ \;\;| \\ HC-OH \\ \;\;| \\ H_2C-OH \end{array} + \begin{array}{l} HO-NO_2 \\ \\ HO-NO_2 \\ \\ HO-NO_2 \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} H_2C-ONO_2 \\ \;\;| \\ HC-ONO_2 \\ \;\;| \\ H_2C-ONO_2 \end{array} + 3H_2O$$

※ 니트로글리세린은 노벨이 개발한 다이나마이트의 기본성분이다.

에스테르화반응의 역반응은 없겠는가.

에스테르의 중요한 성질은 가수분해되는것이다. 이때 촉매로서 산과 알카리가 리용된다.

초산에틸에스테르에 묽은 류산을 넣고 가열하면 산과 알콜로 분해된다.

$$H_3C-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-OC_2H_5 + H_2O \underset{\text{에스테르화}}{\overset{\text{가수분해}}{\rightleftharpoons}} H_3C-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-OH + C_2H_5OH$$

에스테르의 가수분해는 에스테르화반응의 역반응이다.

에스테르는 용매로 리용하거나 각종 음료수와 당과류의 향료로 쓰인다.

참고 에스테르는 좋은 향기를 가지고있다

$HCOOC_2H_5$	개미산에틸에스테르	배향기
$CH_3COOC_4H_9$	초산부틸에스테르	살구향기
$C_4H_9COOC_2H_5$	이소발레리안산에틸에스테르	사과향기
$C_3H_7COOC_8H_{17}$	버터산옥틸에스테르	귤향기

기름

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《강냉이를 가공하여 쌀을 공급하고 강냉이눈을 거두어 기름을 짜서 군안의 로동자, 사무원들에게 공급하는것은 대단히 좋은 일입니다.》

우리가 먹는 콩기름, 옥쌀기름, 소 및 돼지기름, 참깨기름 등은 모두 사람에게 절실히 필요한 영양물질이며 공업의 중요한 원료이다.

위대한 수령님과 위대한 장군님의 현명한 령도에 의하여 우리나라에는 현대적인 기름생산기지들이 꾸려지고 거기에서 많은 기름을 생산함으로써 근로자들에 대한 기름공급량이 늘어나고 공업에 필요한 기름도 더 많이 대주고있다.

기름의 종류에는 보통온도조건에서 액체(식물에 들어있다.)인 기름과 고체(동물에 들어있다.)인 기름이 있다. 기름은 에네르기가 가장 높은 영양성분이다.(표 4-4)

영양물질이 내는 에네르기 표 4-4

분류	1g의 물질이 내는 열량/$kJ \cdot g^{-1}$
기름	39.3
당류	17.2
단백질	18

기름은 원료에 따라 여러가지 방법으로 얻는다. 식물성기름은 보통 기름원료를 눌러짜거나 용매를 써서 우려낸다. 동물성기름은 원료를 가마에 넣고 열을 주어 녹여내는 방법으로 얻는다.

기름의 조성과 구조. 기름은 고급카르본산과 글리세린으로 이루어진 에스테르이다.

기름과 건강

정상조건에서 사람(어른)은 매일 50~60g의 기름을 먹어야 한다. 그래야 필요되는 총 열량의 20~25%를 보장받는다.

일부 비타민(A, D, E, K 등)은 기름에만 용해된다. 그러므로 기름을 먹어야 사람의 신진대사과정에 절실히 필요한 비타민이 몸에 흡수될수 있다.

고체기름은 주로 포화카르본산 [례: 스테아린산 $CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$, 팔미틴산 $CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$] 의 에스테르이며 액체기름은 주로 불포화카르본산 [례: 올레인산 $CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$] 의 에스테르이다.

기름의 구조는 다음과 같이 일반적으로 표시할수 있다.

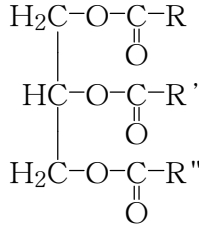
액체기름

고체기름

소기름

돼지기름

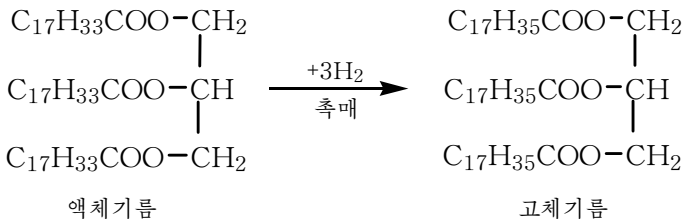
그림 4-11. 여러가지 기름

$$
\begin{array}{l}
H_2C-O-\underset{\|}{C}-R \\
\;\;|\qquad\quad\; O \\
\;HC-O-\underset{\|}{C}-R' \\
\;\;|\qquad\quad\; O \\
H_2C-O-\underset{\|}{C}-R'' \\
\qquad\qquad\;\; O
\end{array}
$$

R, R′, R″는 포화탄화수소기 또는 불포화탄화수소기이다.
R, R′, R″는 같을수도 있고 다를수도 있다.

※ 꿀벌집, 고래밀(고래기름속에 함유), 가두배추잎과 익어가는 사과, 포도알의 겉면에 덮여있는 흰색의 뽀얀 물질은 밀(랍)성분이다. 이것은 생체를 보호하는 역할을 한다. 일반적으로 양초, 비누와 화장품, 고약, 전기절연재료, 성형재료, 윤택제 등을 만드는데 많이 쓰인다.

기름의 성질. 기름은 물보다 가볍고(ρ=0.9~0.95g/㎤) 물에 용해되지 않으며 유기용매에는 쉽게 용해된다. 냄새와 색이 없다.

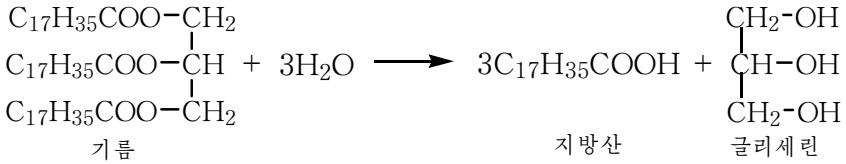
① 기름의 산화. 기름은 공기중에서 산소, 빛, 열, 수분의 작용을 받아 산화된다. 이때 알데히드, 케톤, 저급카르본산과 같은 물질이 생긴다. 산화된 기름에서는 나쁜 냄새가 나며 신맛이 난다. 산화된 기름은 몸에 해롭다. 그러므로 기름은 서늘하고 빛을 받지 않는 곳에 보관해야 한다.

② 기름의 수소화. 액체기름은 촉매가 있는데서 수소부가반응을 한다. 이때 고체기름으로 된다.

이러한 반응을 기름의 수소화 또는 기름의 경화라고 부르며 이때 얻어진 기름을 경화유라고 부른다. 이 반응을 리용하여 각종 식물성 기름을 경화유로 변화시킨다.

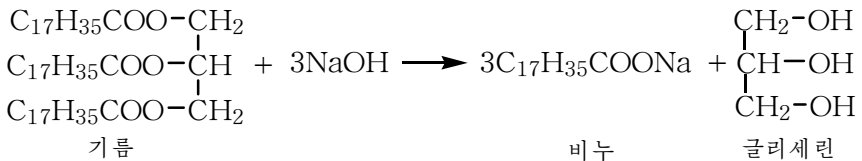
경화유는 비누나 지방산, 글리세린을 만드는 원료로 쓰인다.

③ 기름의 가수분해. 적당한 조건(산 혹은 알카리 혹은 고온수증기존재)에서 기름은 가수분해되여 글리세린과 고급지방산으로 된다.

$$\begin{array}{l} C_{17}H_{35}COO-CH_2 \\ C_{17}H_{35}COO-CH \\ C_{17}H_{35}COO-CH_2 \end{array} + 3H_2O \longrightarrow 3C_{17}H_{35}COOH + \begin{array}{l} CH_2-OH \\ CH-OH \\ CH_2-OH \end{array}$$

기름 지방산 글리세린

기름을 알카리존재하에서 가수분해하면 비누(고급카르본산의 알카리금속염)가 생긴다.

$$\begin{array}{l} C_{17}H_{35}COO-CH_2 \\ C_{17}H_{35}COO-CH \\ C_{17}H_{35}COO-CH_2 \end{array} + 3NaOH \longrightarrow 3C_{17}H_{35}COONa + \begin{array}{l} CH_2-OH \\ CH-OH \\ CH_2-OH \end{array}$$

기름 비누 글리세린

이 반응을 비누화반응이라고 부른다.

공업에서는 이 반응을 리용하여 비누를 만든다.

기름의 가수분해는 사람의 소화과정에도 일어난다. 기름은 소장에서 효소의 촉매작용으로 가수분해되여 지방산과 글리세린으로 되며 이것들은 밸벽에서 흡수되여 인체의 성분으로 된다.

비누와 합성세척제

① 비누가 때를 없애는 원리. 비누가 때를 없애는것은 고급지방산나트리움의 작용때문이다. 이 분자에는 극성을 띠며 물에 용해되는 부분인 $-COONa$(친수성기)와 무극성을 띠며 물에 용해되지 않는 $-R$(소수성기)가 있다.(그림 4-12) 소수성기는 기름에 잘 가붙는다.

그러므로 비누는 때(기름과 먼지가 섞인것)와 물사이에 끼여들면서 때를 둘러싸 천천히 섬유조직에서 떼내여 물속에 작은 알갱이로 흩어지게 한다.(그림 4-13)

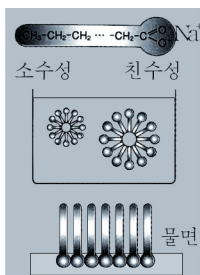
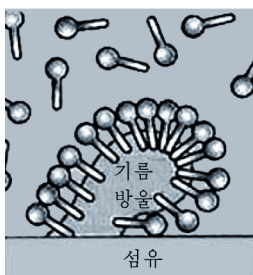
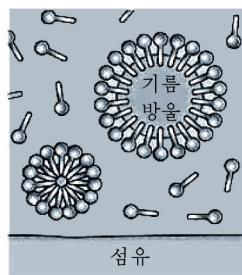



그림 4-12. 비누의 구조　　　　그림 4-13. 비누의 세척작용

② 합성세척제. 합성세척제는 비누와 같이 분자안에 친수성기와 소수성기를 가진 화합물로서 기름을 쓰지 않고 만든다.

대표적인것은 고급알콜(파라핀으로부터 얻는다.)과 류산과의 에스테르인 알킬술폰산나트리움 $R-SO_3Na$과 긴사슬의 알킬벤졸로부터 만든 알킬벤졸술폰산나트리움 $R-C_6H_4-SO_3Na$ 등을 들수 있다.

비누용액은 알카리성을 띠므로 양털, 견과 같이 알카리에 견디지 못하는 천(동물성섬유)을 줄어들게 하는 등 못쓰게 만든다. 그러나 합성세척제수용액은 중성을 띠므로 모든 천을 다 세척할수 있다.

비누는 또한 경수와 바다물에서는 Ca^{2+}, Mg^{2+}와 반응하여 물에 용해되지 않는 염을 만들므로 세척작용이 약해진다. 그러나 합성세척제는 Ca^{2+}, Mg^{2+}와 난용성염을 만들지 않으므로 경수나 바다물에서도 세척능력이 약해지지 않는다.

Ⓟ 휘발유를 가지고도 기름때를 없앨수 있다. 휘발유와 비누 혹은 합성세척제에 의한 옷의 세척원리에서 다른 점은 무엇이라고 생각하는가?

문 제

1. 간단히 대답하여라.
   ㄱ) 기름은 왜 사람에게 있어서 중요한 영양물질이라고 하는가?
   ㄴ) 기름이 묻어있는 시험관을 세척할 때 왜 Na_2CO_3용액을 쓰는가? 이와 관련한 화학방정식을 써라.
2. 아래의 에스테르에 관한 표현중에서 정확하지 않은것은 어느것인가?
   ㄱ) 카르본산과 알콜을 센산의 존재하에서 가열하면 에스테르가 생

긴다.

ㄴ) 초산과 포름알데히드는 에스테르화반응을 하여 개미산에틸에스테르를 만든다.

ㄷ) 에스테르화반응의 역반응은 가수분해반응이다.

ㄹ) 당류와 꽃, 꿀 등에는 저급에스테르가 존재한다.

3. 기름의 가수분해반응을 리용하여 고급지방산을 만들려고 한다. 이때 보통 선택해야 하는 조건은 _____이다. 만일 비누를 만든다고 할 때 선택해야 하는 조건은 _____이다.

4. 사람의 몸에서 기름 1kg은 약 32 200kJ의 에네르기를 저축한다. 일반적으로 사람이 1km를 걷는데 170kJ의 에네르기가 소비된다. 어떤 사람이 매일 5km를 걷는다면 1년에 소비되는 기름은 대략 얼마인가? (답. 9.6kg)

제6절. 아미노산

위대한 장군님께서는 현지지도의 길에 오르실 때마다 지방의 식료상점과 군인식당에 들리시여 몸소 장맛까지 보아주시며 장을 맛있게 담그도록 구체적인 가르치심을 주시였다.

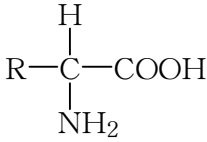
간장, 된장은 왜 구수하고 단맛을 내는가.

그것은 간장, 된장안에 여러가지 아미노산들이 들어있기때문이다.

거의 모든 아미노산은 구수하고 단맛을 가진 무색의 결정으로서 물에 용해되기 쉬우나 에테르, 헥산 등의 유기용매에는 용해되기 힘들다.

초산분자 CH_3-COOH의 메틸기에서 수소원자 하나가 아미노기로 바뀌면 아미노초산(글리신) H_2N-CH_2-COOH이 된다.

아미노초산과 같이 한 분자안에 아미노기 $-NH_2$과 카르복실기 -COOH를 가지고있는 화합물을 **아미노산**이라고 부른다.

아미노산가운데서 $-NH_2$과 -COOH가 같은 탄소원자에 결합되여있는것을 **α-아미노산**이라고 부른다.

α-아미노산의 일반식

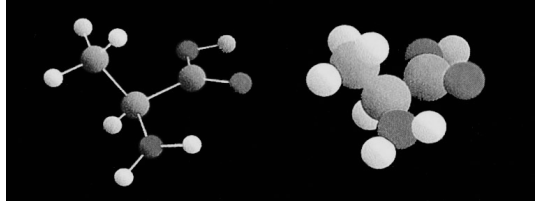



그림 4-14. 아미노산의 분자구조모형

단백질을 구성하는 아미노산에는 20여종이 있는데 모두 α-아미노산이다. 그러나 천연에는 β-알라닌과 같이 α형이 아닌것도 있다.

아미노산은 분자안에 $-NH_2$과 $-COOH$를 가지고있으므로 량성을 나타낸다. 그러므로 아미노산은 산, 염기와 반응하여 모두 염을 만든다.

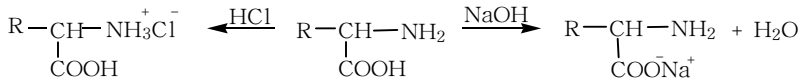
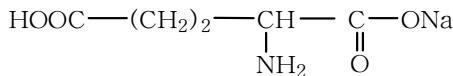
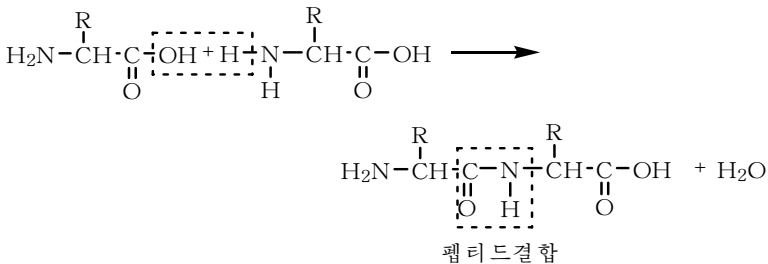
$$\underset{\text{COOH}}{\text{R}-\text{CH}-\text{NH}_3^+\text{Cl}^-} \xleftarrow{\text{HCl}} \underset{\text{COOH}}{\text{R}-\text{CH}-\text{NH}_2} \xrightarrow{\text{NaOH}} \underset{\text{COO}^-\text{Na}^+}{\text{R}-\text{CH}-\text{NH}_2} + H_2O$$

맛내기는 글루타민산의 나트리움염이다.

$$HOOC-(CH_2)_2-\underset{NH_2}{CH}-\underset{O}{\overset{\|}{C}}-ONa$$

아미노산들은 서로 축합하는 반응도 진행한다.

$$H_2N-\overset{R}{CH}-\underset{O}{C}-OH + H-\underset{H}{N}-\overset{R}{CH}-\underset{O}{C}-OH \longrightarrow$$

$$H_2N-\overset{R}{CH}-\underset{O}{C}-\underset{H}{N}-\overset{R}{CH}-\underset{O}{C}-OH + H_2O$$

펩티드결합

한 아미노산분자의 카르복실기와 다른 아미노산분자의 아미노기 사이에서 물이 떨어지면서 이루어지는 결합을 **펩티드결합**이라고 부르며 이때 얻어진 화합물을 **펩티드**라고 부른다.

※ 펩티드결합을 이루고있는 원자단 $-\underset{O}{\overset{\|}{C}}-\underset{H}{N}-$ 을 **펩티드기**라고 부른다.

펩티드를 이루는 반응은 몸안의 세포에서 효소에 의해서도 일어난다. 음식물로부터 얻어진 아미노산들은 이 반응에 의하여 폴리펩티드(단백질)를 만들면서 유기체를 이루는데 참가한다.

필수아미노산

사람이 몸안에서 만들어내지 못하고 음식물로부터 받아들이지 않으면 안되는 아미노산을 **필수아미노산**이라고 부른다. 필수아미노산은 동물의 종류에 따라서 조금 차이는 있으나 사람에게는 로이신, 이소로이신, 발린, 트레오닌, 리진, 메티오닌, 페닐알라닌, 트립토판의 8가지가 필수아미노산으로 된다. 어린이들인 경우에는 히스티딘이 더 포함되여 9가지이다.

문 제

1. 글리신 두 분자로부터 펩티드가 얻어지는 반응을 화학반응식으로 써라.
2. 질소가 들어있는 어떤 유기화합물에 탄소는 32%, 산소는 42.66%, 수소는 6.67% 있다. 이 물질과 수산화나트리움은 같은 물질량으로 반응한다. 이 물질 7.5g과 수산화나트리움용액이 반응할 때 소비된 수산화나트리움은 4g이다. 유기화합물의 분자식과 가능한 구조식을 써라.

제7절. 단백질

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리는 근로자들에 대한 단백질공급문제를 다른 나라에 매여달려 풀려고 하지 말고 반드시 자체로 풀도록 하여야 합니다.》

위대한 수령님과 위대한 장군님께서는 우리 인민들에게 단백질을 더 많이 공급할 방도를 하나하나 밝혀주시고 콩, 당콩을 비롯한 식물성단백질식료품과 함께 고기와 알, 물고기를 비롯한 동물성단백질식료품의 생산을 늘이도록 현명하게 이끌어주시였다.

단백질은 동물유기체를 이루는 기본성분이며 많은 식물의 열매에도 풍부하게 들어있는 천연고분자화합물이다.

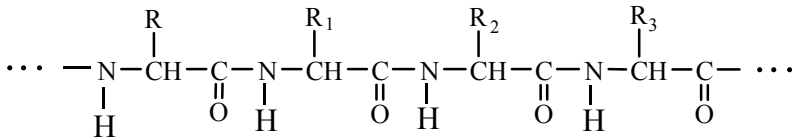
※ 우리 몸에서 수분과 뼈를 내놓은 거의 모든 조직들(근육, 피부, 머리칼, …)과 생명활동에서 중요한 역할을 하는 효소, 산소를 운반하는 피, 병을 일으키는 세균, 항체 등에는 모두 단백질이 들어있다. 단백질은 고기(돼지고기에 약 21.3%)와 알(닭알에 약 12.6%), 물고기(마른 명태에 약 79.5%), 콩(약 39.2%), 줄당콩(약 28.2%) 같은데 많이 들어있다.

그림 4-15. 단백질이 많이 포함된 음식

사람의 몸에는 1만여종의 단백질이 들어있다.

단백질의 조성과 구조

단백질은 수많은 α-아미노산분자들이 펩티드결합으로 이루어진 폴리펩티드로서 분자량은 1만~100만정도이다.

$$\cdots -\underset{\underset{H}{|}}{N}-\overset{\overset{R}{|}}{CH}-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-\underset{\underset{H}{|}}{N}-\overset{\overset{R_1}{|}}{CH}-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-\underset{\underset{H}{|}}{N}-\overset{\overset{R_2}{|}}{CH}-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-\underset{\underset{H}{|}}{N}-\overset{\overset{R_3}{|}}{CH}-\underset{\underset{O}{\|}}{C}- \cdots$$

단백질을 이루는데 참가하는 아미노산은 20여가지(글리신, 알라닌, 메티오닌, 시스테인, 글루타민산, 리진, 티로신, …)밖에 안된다. 그러나 생물체를 이루는 단백질의 종류는 헤아릴수 없이 많다. 그것은 폴리펩티드사슬에서 아미노산의 종류와 개수, 그것들의 결합순서가 다르면 다른 종류의 단백질로 되기때문이다.

폴리펩티드사슬은 사슬안의 ＞NH와 ＞C=O사이의 수소결합으로

하여 타래모양으로 꼬이고 구부러지면서 둥글둥글한 공간구조를 이룬다.(그림 4-16, 4-17)

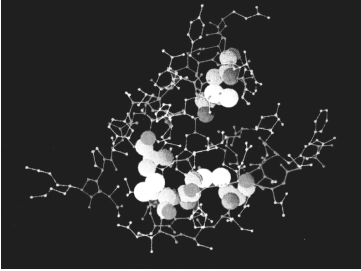



그림 4-16. 단백질분자의 구조모형

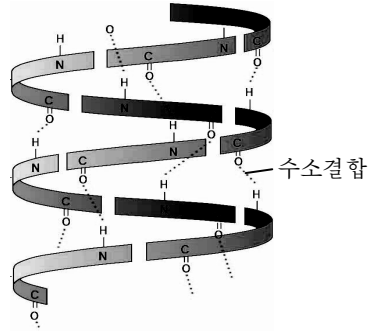
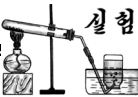



그림 4-17. 타래모양의 폴리펩티드사슬

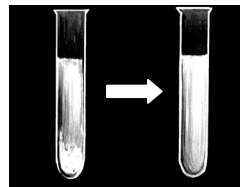
단백질의 성질

단백질을 태우면 털이 타는 냄새가 나는데 이것으로 단백질을 알아볼수 있다.

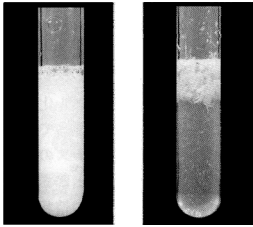
양털, 누에고치와 같은 섬유모양의 단백질을 내놓고 거의 모든 단백질은 물에 용해된다. 단백질을 용매에 용해시키면 끈기있는 액체로 된다. 동물의 가죽을 끓이면 젤라틴이라고 하는 갖풀이 얻어지는데 이것도 단백질이다. 젤라틴은 사진재료, 접착제로 쓰인다.

염 석

단백질의 염석

알단백질수용액이 들어있는 시험관에 천천히 포화$(NH_4)_2SO_4$용액 혹은 Na_2SO_4용액을 넣는다.

침전물이 생기는것을 관찰한다. 침전물이 있는 액체를 증류수가 들어있는 시험관에 넣는다. 침전물이 용해되는것을 관찰한다.

단백질용액에 짙은 무기염(례: $CuSO_4$(석고), $MgCl_2$ 등)용액을 넣으면 단백질이 응결되여 용액으로부터 석출된다. 이러한 현상을 염석이라고

부른다. 이러한 형태로 석출된 일부 단백질은 물에 용해될수 있으며 원래 단백질의 성질과 차이가 없다. 이런 성질로부터 염석을 여러번 적용하여 단백질을 순수하게 분리해낼수 있다.

변 성

단백질은 열을 받아 일정한 온도에 이르면 응고되며 X선, 초음파, 자외선과 같은 물리적작용과 센산, 센염기, 알콜, 포름알데히드와 같은 화학적작용하에서도 응고된다. 이러한 현상을 단백질의 **변성**이라고 부른다.

변성된 단백질은 본래의 상태로 되돌아오지 않는것이 많다.

중금속(Hg, Cu, Pb)염 역시 단백질을 응고시킨다. 사람이 이러한 물질을 먹으면 중독된다. 그러므로 이러한 이온이 들어있는 공업페설물을 마구 버리지 말아야 하며 회수처리를 해야 한다.

닭알흰자위용액에 초산을 넣어보아라. 어떻게 되는가?

변성은 질서있게 배렬된 단백질의 공간구조가 파괴되기때문에 일어난다.(그림 4-18)

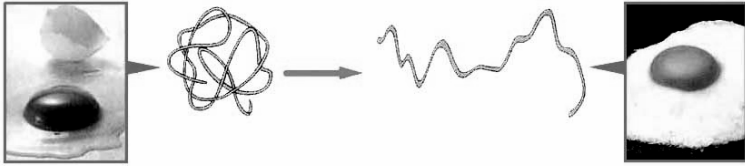



그림 4-18. 단백질의 변성

변성된 단백질은 소화효소가 작용하기 쉽고 체내에 쉽게 흡수된다.

? 생활에서 단백질변성의 실례를 3~5가지 찾아보아라.

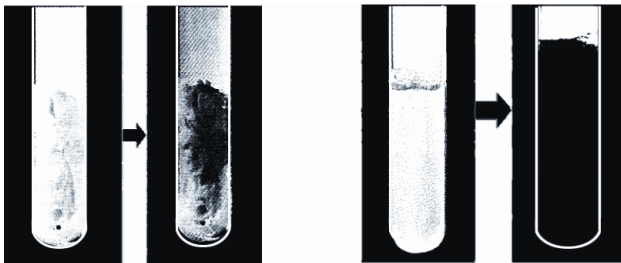
색반응

실험

단백질의 색반응

알단백질수용액을 2개의 시험관에 넣는다. 한 시험관에는 질은 질산을 조금 넣고 약하게 열준다. 무슨 색이 나타나는가?

식힌 다음 가성소다용액을 몇방울 떨군다. 무슨 색이 나타나는가?

다른 시험관에는 가성소다용액을 넣고 묽은 류산동용액을 떨구어넣는다. 무슨 색이 나타나는가?

단백질에 질산을 작용시키면 처음에는 흰 침전물이 생기며 열을 주면 누런색으로 변한다. 이것이 알카리성매질에서는 붉은색으로 변한다.

단백질은 알카리성매질에서 묽은 류산동용액과 반응하여 보라색을 나타낸다. 이 반응은 펩티드결합이 있기때문에 나타난다.

가수분해반응. 단백질도 농마나 섬유소와 같이 산이나 알카리, 효소에 의하여 가수분해된다. 이때 펩티드결합이 끊어지면서 여러가지 α-아미노산들이 생긴다.

간장만드는 공업에서나 아미노산을 만드는 공업에서는 주로 단백질에 염산을 넣고 끓여서 가수분해시킨 다음 탄산나트리움으로 중화시킨다. 된장은 완전히 가수분해되지 않은것이고 간장은 완전히 가수분해된것이다. 그러므로 단백질이 풍부하게 들어있는 된장, 간장은 구수하고 단맛을 낸다.

단백질의 리용

단백질은 사람에게 있어서 매우 중요한 영양물질이다. 어른은 매일 대략 60~80g의 단백질을 섭취해야 한다. 그래야 건강과 생리기능을 만족시킨다. 사람의 위에서는 위액과 단백질분해효소(펩신, 트립신, 키모트립신, 펩티다제)에 의하여 단백질이 가수분해되여 아미노산으로 된다. 흡수된 아미노산은 사람에게 필요되는 각종 단백질을 다시 합성하거나 에네르기의 원천으로 된다.

ⓘ 표 4-1을 보면서 단백질 1g이 내는 열량과 당류 1g이 내는 열량을 비교해보아라.

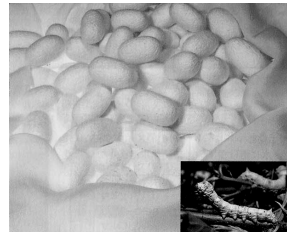
몸의 각 조직에서 단백질은 부단히 분해되며 마지막에는 뇨소로 되여 배설된다.

단백질은 또한 공업에서도 널리 쓰인다.

단백질이 기본성분으로 되여있는 누에고치와 양털로는 비단과 모직천을 짜며 가죽으로는 물에 용해되지 않고 쉽게 부식되지 않는 물질을 만들어 유연하고 견고하게 가공하여 구두나 여러가지 가죽제품을 만든다. 젤라틴은 점착제로 쓴다.

인슐린은 사람이 처음으로 구조를 밝히고 합성하는데 성공한 단백질이다.

단백질섬유

양털이나 누에고치로 짠 섬유는 단백질섬유이다. 혹은 동물섬유라고도 부른다. 1개의 누에고치에서 약 1 500m의 실을 뽑을수 있다.

※ 비타민

비타민은 생명체에 있어서 신진대사를 조절하고 병을 예방하며 건강을 유지하는 역할을 하지만 직접 에네르기를 내거나 생명체의 구성성분으로는 되지 않는다. 그러므로 비타민이 부족되면 생명체의 성장발육에 지장을 받는다. 례를 들어 비타민D가 부족하면 구루병이 온다.

비타민은 분자조성과 구조가 매우 복잡한 유기물질이다.

사람에게 요구되는 비타민의 량은 매우 적다.

대다수 비타민은 인체내에서 합성되지 못하고 음식물로부터 섭취하지 않으면 안된다. 여러가지 음식물중에는 각종 비타민이 들어있으므로 편식하지 말아야 한다. 음식물을 오래 끓이면 비타민이 파괴되거나 류실되므로 주의하여야 한다.

지금은 비타민을 인공적으로 합성하는 방법으로 만들어 리용함으로써 부족되는 비타민을 보충하고있다.

그림 4-19. 비타민들이 많이 들어있는 과일과 남새

문 제

1. 아래의 과정가운데서 비가역적인것은 _____이다.

ㄱ) 단백질의 염석 ㄴ) 에스테르의 산촉매에 의한 가수분해

ㄷ) 단백질의 변성 ㄹ) 염화철의 가수분해

2. 단백질을 물속에서 석출시키고 또한 그의 성질을 그대로 보존하기 위하여 넣어야 할 물질은 _____이다.

ㄱ) 포화Na_2SO_4용액 ㄴ) 짙은 류산

ㄷ) 포름알데히드용액 ㄹ) $CuSO_4$용액

3. 어떤 단백질에 0.64%의 류황이 들어있다. 이 단백질분자에는 오직 2개의 류황원자가 있다는것이 밝혀졌다. 이 단백질의 분자량을 구하여라. (답. 10 000)

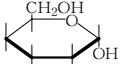
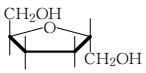
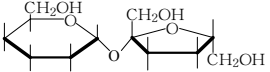
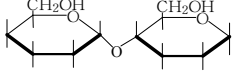
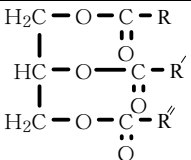
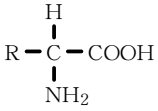
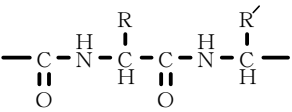
4. 피단백질의 분자량은 약 68 000이다. 그중 철원소가 0.33% 들어있다. 평균 매 피단백질분자중에 철원자가 몇개 들어있는가? (답. 4개)

5. 3개의 시험관에 각각 단백질, 아미노초산, 개미산용액이 들어있다. 어떻게 알아보겠는가?

6. 생활에서 흔히 보는 천연고분자화합물들이 있다. 주로 단백질을 포함하고있는것은 ____, 주로 당류물질을 포함하고있는것은 ____이다.

ㄱ) 머리칼 ㄴ) 목재 ㄷ) 쌀음식 ㄹ) 소고기 ㅁ) 명주

ㅂ) 노란콩 ㅅ) 새알 ㅇ) 샘물 ㅈ) 알콜

장 종 합

1. 당류, 기름, 단백질은 사람의 중요한 영양물질

   당류는 사람의 에네르기원천으로서 에네르기의 75%를 공급.

   기름은 열에네르기가 가장 높은 영양물질로서 에네르기의 저축형식.

   단백질은 생명체의 기초물질.

2. 당류, 기름, 단백질의 구조와 성질

종류	대표물질	화학식 및 구조식	성 질
하나당류	포도당	CH_2OH, O, OH (고리구조식)	환원제적성질, 발효
	과당	CH_2OH, O, CH_2OH (고리구조식)	발효
두당류	사탕	CH_2OH, O, CH_2OH, O, CH_2OH (고리구조식)	가수분해
	길금당	CH_2OH, O, CH_2OH, O (고리구조식)	환원제적성질, 가수분해
여러당류	농마	n개 α포도당	요드-농마반응, 가수분해
	섬유소	n개 β포도당	산과 반응→에스테르, 가수분해
기름		$H_2C-O-\underset{\underset{O}{\Vert}}{C}-R$ $HC-O-\underset{\underset{O}{\Vert}}{C}-R'$ $H_2C-O-\underset{\underset{O}{\Vert}}{C}-R''$	산화→부패변질, 수소부가→경화유, 가수분해(산, 알카리, 효소)
아미노산		$R-\underset{\underset{NH_2}{\vert}}{\overset{\overset{H}{\vert}}{C}}-COOH$	산, 염기와 반응, 축합→펩티드
단백질		$-\underset{\underset{O}{\Vert}}{C}-\overset{H}{N}-\underset{H}{\overset{\overset{R}{\vert}}{C}}-\underset{\underset{O}{\Vert}}{C}-\overset{H}{N}-\underset{H}{\overset{\overset{R'}{\vert}}{C}}-$	변성, 염석, 가수분해→아미노산, 색반응:질산→누런 침전물 류산동→보라색

복습문제

1. 빈칸에 알맞는것을 써넣고 근거를 밝혀라.

   ㄱ) 포도당, 사탕, 길금당중에서 은거울반응을 일으키지 않는것은 ____이며 류산촉매하에서 가수분해반응을 일으킬수 있는것은 ____과 ____이다.

   ㄴ) 단백질, 농마, 기름은 3대영양물질이다. 이 3가지 물질이 가수분해될 때 생기는 최종생성물은 각각 단백질에서 ____, 농마에서 ____, 기름에서 ____이다.

   ㄷ) 단백질용액에 포화NaCl용액을 넣어 단백질을 용액으로부터 석출시킬수 있다. 이러한 작용을 ____이라고 부른다.
   단백질용액에 $HgCl_2$용액을 넣을 때 단백질은 ____되며 이러한 변화를 단백질의 ____이라고 부른다.

   ㄹ) 단백질은 짙은 질산과 만나면 ____색을 나타낸다.
   농마는 요드와 만나면 ____색으로 변한다.
   페놀은 ____과 만나면 ____색을 띤다.

   ㅁ) 농마의 가수분해과정에 효소의 작용은 ____이며 효소는 ____에 속한 물질이다.

2. ( )에 해당한것을 쓰고 근거를 밝혀라.

   1) 설명가운데서 틀린것은 ( )이다.
      ㄱ) 보통 사탕과 농마는 모두 환원제적성질이 나타나지 않는다.
      ㄴ) 섬유소분자는 포도당단위로 이루어져있으며 다가알콜의 성질을 나타낼수 있다.
      ㄷ) 기름은 열에네르기가 가장 높은 영양물질이다.
      ㄹ) 동염은 단백질의 염석을 일으키게 할수 있다.

   2) 아래의 물질들가운데서 가수분해의 마지막생성물에 포도당이 없는것은 ( )이다.
      ㄱ) 사탕　ㄴ) 농마　ㄷ) 섬유소　ㄹ) 기름

   3) 아래의 물질들가운데서 은거울반응을 일으키지 못하는것은 ( )이다.
      ㄱ) 포름알데히드　ㄴ) 포도당　ㄷ) 사탕　ㄹ) 목화

   4) 비누에 관한 아래의 설명에서 틀린것은 ( )이다.
      ㄱ) 이것들은 고급지방산나트리움염이다.

ㄴ) 이것들은 기름의 비누화반응에 의하여 얻어진다.

ㄷ) 이것들은 옷에 묻은 때를 제거할수 있다.

ㄹ) 이것들은 경수에서 세척능력이 강하다.

5) 단백질에 관한 아래의 설명에서 정확하지 않은것은 (　)이다.

ㄱ) 단백질용액에 포화류산암모니움용액을 넣어 단백질을 석출시킨 다음 물을 넣어도 용해되지 않는다.

ㄴ) 중금속염류는 단백질을 응결시킬수 있으므로 중금속염류를 잘못 먹으면 사람이 중독될수 있다.

ㄷ) 짙은 질산이 피부에 묻으면 누렇게 되는데 이것은 짙은 질산과 단백질이 색반응을 하기때문이다.

6) 공업적으로 만드는 간장은 콩가루와 20%의 염산에 물을 첨가하고 가열하여 끓인 후 수십h 숙성하여 얻는다. 그리고 랭각시킨 액체에 포화$NaHCO_3$용액을 첨가한 후 교반하고 다시 색빼기조작을 거쳐 완성한다. 다음의 문장들가운데서 정확하지 않은것은 (　)이다.

ㄱ) 콩에는 단백질이 많이 포함되여있다. 염산을 첨가하고 가열하는것은 단백질의 가수분해를 빠르게 하기 위해서이다.

ㄴ) 단백질이 가수분해된 후에는 20여가지의 아미노산이 생길수 있다.

ㄷ) 가수분해후 포화$NaHCO_3$용액을 첨가하는것은 염산을 중화시키기 위해서이다.

ㄹ) 마지막으로 색을 없애기 위해 염소기체를 간장에 통과시킨다.

3. 다음의 문제를 계산하여라.

1) 어떤 단백질에 질소가 질량으로 15% 들어있다. 어떤 사람이 매일 25g의 뇨소를 배설한다면 매일 음식물로부터 받아들이는 단백질의 질량은 평균 (　)이다.

ㄱ) 106g　ㄴ) 90.7g　ㄷ) 77.8g　ㄹ) 66.9g

2) 80%의 농마를 포함하는 50t의 알곡으로 얼마의 포도당을 얻을수 있는가?(포도당의 거둠률은 85%로 보아라.) (답. 37.8t)

3) 어떤 유기물질에 탄소 32%, 수소 6.67%, 산소 42.66%, 질소 18.67% 들어있다. 그의 분자량은 75이다.

ㄱ) 그 분자식과 가능한 구조식을 써라.

ㄴ) 이 물질은 염산과 반응할수 있으며 또 에틸알콜과 반응하여 에스테르를 생성한다. 이 물질의 이름은 무엇인가?

4) 어떤 아미노산 0.735g을 취하여 원소분석을 진행하였다. 이 아미노산으로부터 표준조건에서 질소기체 56mL를 얻었다. 아미노산분자 1개에는 1개의 질소원자가 포함되여있다. 0.147g의 아미노산을 물에 용해시켜 0.01㏖/L의 NaOH 용액으로 적정할 때 200mL의 알카리가 소모되였다. 다음의 물음에 대답하여라.

ㄱ) 아미노산의 분자량은 얼마인가? (답. 147)

ㄴ) 아미노산에 들어있는 카르복실기의 수는 얼마인가?

ㄷ) 아미노산분자에서 탄소-탄소사이결합이 직선형일 때 가능한 구조식을 써라.

5) 콩가루 0.888g이 있다. 류산으로 콩가루의 단백질을 발효하여 암모니움염을 얻은 후 과잉의 알카리를 넣어 증류를 진행하였다. 이때 나온 암모니아를 0.213 3㏖/L 염산 20mL에 흡수시키고 나머지 산을 0.196 2㏖/L NaOH용액으로 적정하였다. 소비된 NaOH용액은 5.5mL이다. 콩가루속의 질소함량을 구하여라. (답. 5.02%)

4. 간단한 실험방법으로 아래의 문제를 해결하여라.

1) 어떤 환자가 당뇨병환자인가?

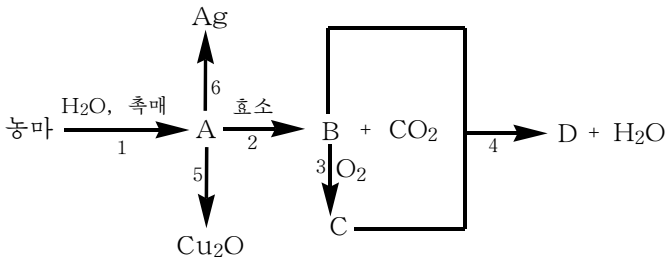
2) 과일에 농마가 있는가?

3) 글리세린, 농마, 단백질, 사탕용액이 4개의 시험관에 제가끔 들어있을 때 어떻게 알아보겠는가?

4) 우유가루, 쌀가루를 어떻게 가려보겠는가?

5) 견사와 면사를 어떻게 가려보겠는가?

6) 포도당과 농마를 어떻게 가려보겠는가?

5. 아래의 도식을 보고 다음의 물음에 대답하여라.

ㄱ) A, B, C, D의 물질이름을 써라.

ㄴ) 화학방정식을 1 — 6의 순서로 써라.

제5장. 합성고분자물질

지금까지 우리는 몇개 또는 몇십개의 원자들로 이루어져 그 분자량이 작은 저분자화합물과 농마, 섬유소, 단백질과 같이 분자량이 대단히 크며 자연에서 얻어지는 천연고분자화합물에 대하여 학습하였다.

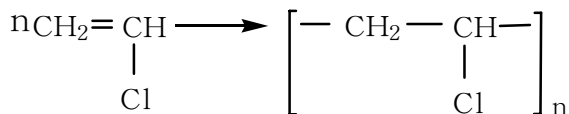
이 장에서는 자연계에는 없으나 화학적인 방법으로 만들어내는 합성고분자물질(수지, 섬유, 고무)의 구조와 성질, 만들기와 리용에 대하여 학습한다.

제1절. 고분자물질의 구조와 성질

저분자물질에서와 같이 고분자물질의 성질도 구조와 밀접히 련관되여 있다. 그러므로 고분자물질의 구조를 잘 알면 그의 성질을 알아낼수 있다.

고분자화합물의 조성과 구조

고분자는 수많은 원자들로 이루어져있지만 구조를 따져보면 일정한 원자단들이 반복배렬되여있다.

염화비닐을 중합하여 만든 폴리염화비닐은 원자단 $-CH_2-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}-$이 수많이 이어진 고분자이다.

$$n\,CH_2=\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}} \longrightarrow \left[-CH_2-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}-\right]_n$$

고분자에서 반복되는 간단한 원자단을 구조단위라고 부르며 구조단위의 수 n을 중합도라고 부른다.

$$n = \frac{Mr_{고}}{Mr_{단위}}$$

여기서 $Mr_{고}$ 는 고분자화합물의 분자량이며 $Mr_{단위}$ 는 구조단위의 화학식량이다.

고분자화합물(중합체)을 이루는데 참가한 출발물질을 단량체라고 부른다.

폴리염화비닐의 단량체는 염화비닐 $CH_2{=}CH(Cl)$이며 구조단위는 $-CH_2-CH(Cl)-$ 이다.

고분자화합물은 구조단위들이 어떻게 결합되는가에 따라 여러가지 모양의 사슬구조를 가지게 된다.(그림 5-2)

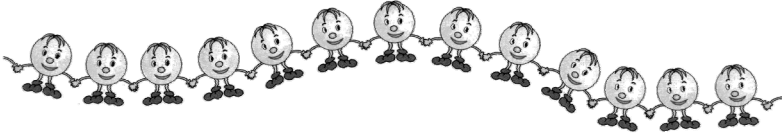



그림 5-1. 폴리염화비닐분자모형

ⓘ 이미 배운 고분자화합물가운데서 실사슬로 이루어진 물질, 가지사슬로 이루어진 물질의 실례를 찾아보아라.

고분자화합물의 특징

고분자화합물이 얻어지는 반응에서는 언제나 중합도(n)가 서로 다른 고분자화합물들의 혼합물이 얻어진다. 그러므로 고분자에서는 분자량이 작은 저분자에서와는 달리 분자량을 평균분자량으로 나타낸다.

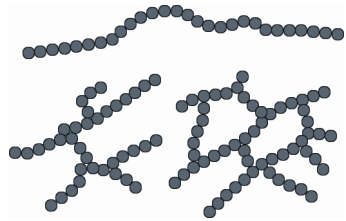
그림 5-2. 고분자화합물의 사슬구조

례를 들어 섬유소의 분자량(평균분자량)은 목화에서는 약 30만~50만, 종이에서는 약 10만정도로 본다.

고분자물질에서는 명확한 녹음점이 없이 상당히 넓은 온도범위를 거쳐 고체로부터 액체로 변한다. 이때 만문해져 변형되기 시작하는 온도(연화점)를 녹음점대신에 리용한다.

ⓘ 왜 고분자물질에서는 명확한 녹음점이 없겠는가?

고분자화합물은 분자가 매우 크고 그것들사이에 서로 작용하는 힘이 크다. 그러므로 저분자와는 다른 성질이 나타난다.

고분자화합물은 증발하지도 않고 거의 모두가 끓음점아래에서

분해되기때문에 증류할수도 없다. 그것은 고분자화합물분자들사이에 매우 센 힘이 작용하기때문에 하나하나 개별분자들로 떼여내기 힘든것과 관련된다.

고분자화합물의 성질은 사슬의 모양에도 크게 관계된다.

ⓘ 천연고분자물질가운데서 같은 물질이지만 사슬의 모양이 달라 성질이 다른 물질의 실례를 찾아보아라.

고분자화합물의 용해성

시험관 하나에는 농마가루 0.5g을 넣고 10mL의 뜨거운 물을 넣어 용해되는것을 관찰한다.

다른 시험관에는 생고무쪼각(혹은 고무풍선쪼각) 0.5g을 넣고 10mL의 휘발유를 넣는다. 용해되는가 되지 않는가를 관찰한다.

실사슬구조, 가지사슬구조로 이루어진 농마는 물에 천천히 용해된다. 이때 끈기있는 용액으로 된다. 그러나 그물구조의 고무는 쉽게 용해되지 않고 일정한 정도로 부푼다.

실험

실사슬구조를 가지는 고분자화합물의 열적특성

1개의 시험관에 폴리에틸렌알갱이 혹은 쪼각 3g을 넣고 알콜등으로 천천히 가열하면서 쪼각이 만문해지는것과 녹는 현상을 관찰한다. 녹은 다음에 분해되지 않게 인차 가열을 중지한다.

랭각되면 다시 고체로 되는것을 관찰하며 다시 천천히 가열한다. 이때 나타나는 현상을 관찰한다.

폴리에틸렌은 열을 받아 일정한 온도범위에서 만문해지기 시작하며 곧 액체로 된다. 녹은 폴리에틸렌은 랭각후에 고체로 되며 다시 가열하면 또 녹는다. 이 현상을 리용하여 박막을 비롯한 각종 형태의 제품을 만들게 되는것이다.

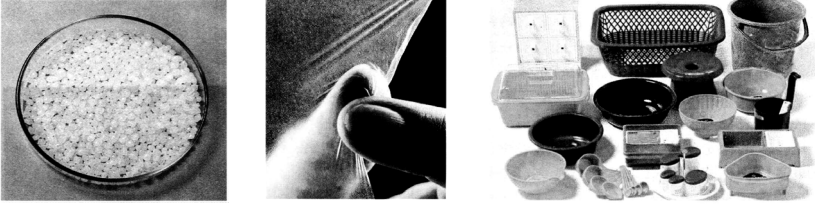



그림 5-3. 폴리에틸렌알갱이와 수지박막 및 수지제품

그물구조의 고분자물질은 보통 매우 굳으며 열을 주어도 녹지 않는다.

같은 단량체를 가지고 페놀수지를 만들 때에도 반응조건에 따라 실사슬구조의 노볼라크수지와 레졸수지가 생기는데 레졸수지에 열을 주면 그물구조로 넘어간다. 이 그물구조의 수지는 열을 주어도 녹지 않고 용매에 용해되지도 않는다.

이외에도 합성고분자화합물은 전기절연성이 좋은 특성이 있다.

그것은 고분자화합물이 원자들사이에 공유결합으로 이루어져있으므로 쉽게 전기를 통과시킬수 없기때문이다.

※ 분자내에 2중결합을 많이 가지고있는 고분자로서 반도체에 근사한 성질을 가지고있는것도 있다.

또한 합성고분자화합물은 기름과 물에 안정하며 화학부식작용을 적게 받는다.

그러나 고분자화합물은 쉽게 연소되고 쉽게 로화되며 페설물이 된 다음에 분해되지 않아 환경오염을 일으키는 결함이 있다.

※ 로화는 합성재료를 일정한 기간 사용한 결과 고무가 튐성을 잃는다든가 수지가 가소성을 잃는것, 섬유의 세기가 약해지는것 등 본래의 성질이 약해지는 현상이라고 말할수 있다.

그러므로 고분자화합물의 구조를 개선하며 이것들의 중합과 가공을 개선하여야 한다.

고분자화합물은 어떻게 만들어지는가.

고분자화합물은 중합반응이나 중축합반응에 의하여 얻어진다.

? 에틸렌이나 염화비닐의 중합반응을 화학반응식으로 나타내여라. 이때 고분자의 화학조성과 단량체의 화학조성을 비교해보아라.

중합반응과는 달리 단량체들이 서로 반응할 때 분자량이 작은 물질(물, 암모니아, 염화수소 같은것)이 생기면서 고분자가 얻어지는 반응도 있다. 이러한 반응을 중축합반응이라고 부른다.

고분자물질에는 탄소원자를 중심으로 하여 이루어진 유기고분자화합물과 규소원자나 산소원자, 그외의 원자를 중심으로 하여 이루어진 무기고분자물질이 있다.

고분자물질이라고 하면 보통 유기고분자화합물을 말한다.

무기고분자물질의 종류에는 이산화규소(수정), 운모, 장석, 비석(제올라이트), 다이야몬드(금강석), 흑연유리가 있으며 유기고분자화합물에는 농마, 섬유소, 단백질, 천연고무와 같은 천연고분자화합물과 합성수지, 합성섬유, 합성고무 등의 합성고분자화합물이 있다.

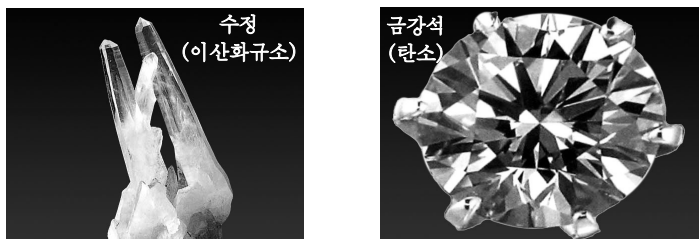



그림 5-4. 무기고분자물질

문 제

1. 중합반응과 중축합반응은 어떻게 다른가?
2. 어떤 폴리염화비닐의 중합도는 2 000이다. 평균분자량을 구하여라.
   (답. 125 000)
3. 고분자화합물은 저분자화합물과 어떤 다른 점을 가지고있는가?
4. 사슬구조고분자와 그물구조고분자는 구조와 성질에서 어떤 차이가 있는가?
5. 구조단위와 단량체는 어떻게 다른가?

제2절. 합성수지

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《합성수지공업을 발전시켜 염화비닐수지를 비롯한 여러가지 합성수지를 많이 생산하며 가성소다와 탄산소다, 염산과 같은 기초화학제품과 물감, 칠감 같은것도 많이 생산하여 대주며 종이와 소금도 많이 생산보장하여야 합니다.》

위대한 수령님과 위대한 장군님의 현명한 령도에 의하여 우리나라에는 폴리염화비닐과 폴리에틸렌을 비롯한 여러가지 합성수지를 생산하는 현대적인 유기합성공업기지들이 튼튼히 꾸려졌으며 자체의 원료에 의거하는 자립적인 공업으로 더욱 발전하고있다.

옛날에는 공예품이나 장식품에 칠하는 고급칠감으로 보통 옻나무진을 써왔다. 송진이나 옻나무진처럼 자연계에서 얻어지는 수지를 천연수지라고 부른다. 천연수지와 달리 화학적방법으로 만든 염화비닐수지 같은 고분자화합물을 합성수지라고 부른다.

합성수지는 금속, 나무, 고무, 유리, 가죽과 같은 물질을 대신하여 보기도 좋고 쓰기도 편리하며 값도 눅은 일용품을 만드는 좋은 재료로 쓰이고있다.

또한 건설, 기계, 수산업, 농업을 비롯한 인민경제 여러 부문과 국방에서 매우 널리 쓰인다.

특히 합성수지는 물, 공기, 화학약품에 잘 견디며 전기를 잘 통과시키지 않으므로 화학공업과 전력공업에서도 많이 쓰인다.

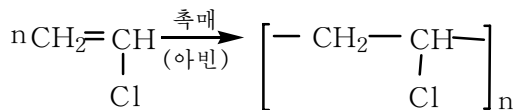
합성수지는 중합반응과 중축합반응에 의하여 만든다.

중합반응에 의하여 만드는 수지

염화비닐수지. 염화비닐수지는 단량체인 염화비닐을 물속에서 중합시켜 만든다.

$$n\,CH_2{=}\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}} \xrightarrow[\text{(아빈)}]{\text{촉매}} \left[-CH_2-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}- \right]_n$$

? 염화비닐은 어떻게 만드는가?

그림 5-5. 염화비닐 중합가마

단량체인 염화비닐은 방온도에서 기체이다. 압력을 주어 액체상태로 만든 염화비닐을 물과 촉매가 들어있는 중합가마에 넣고 50℃에서 반응시킨다. 작은 알갱이모양으로 된 중합물을 가마밑으로 뽑아 말리운다.

폴리염화비닐에 열을 주면 75~80℃에서 만문해지기 시작하여 점차 물렁물렁해지고 식으면 굳어지며 다시 열을 주면 또 물렁물렁해진다. 이런 수지를 **열가소성수지**라고 부른다.

중합반응에 의하여 만들어지는 수지는 거의 모두 실사슬구조를 가지고있으며 열가소성수지이다.

염화비닐수지의 가소성을 리용하여 여러가지 모양으로 가공할수 있다. 그러나 140℃이상으로 열을 주면 염화수소를 내면서 분해된다.

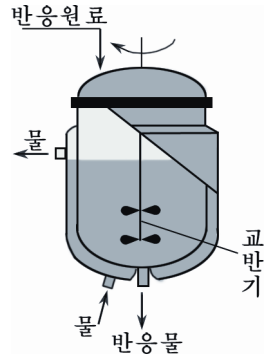
폴리염화비닐은 질기고 용매에 잘 용해되지 않으며 화학약품에 안정하다.

폴리염화비닐은 섞는 **가소제**(빚음성을 주는 물질)의 량에 따라 굳은 수지로 될수도 있고 무른 수지로 될수도 있다. 굳은 수지는 가소제를 넣지 않거나 10%가량 넣은것이다. 무른 수지는 가소제를 30~60%가량 넣은것이다.

굳은 수지로는 관이나 판 같은것을 만들며 건축 및 전기자재, 가정용품과 같은 제품을 만든다.

무른 수지로는 비옷, 신발, 가방류, 박막 같은것들을 만든다.

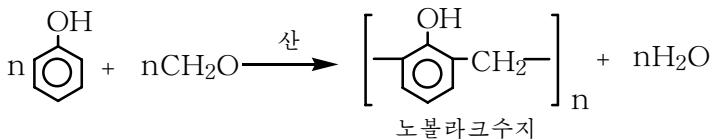
중합반응에 의하여 만드는 수지가운데서 몇가지를 표 5-1에 주었다.

몇가지 중합형수지 　　　　표 5-1

이 름	단 량 체	중 합 체	성 질	용 도
폴리 에틸렌	$CH_2=CH_2$	$[-CH_2-CH_2-]_n$	유연하고 강하며 화학약품과 물에 안정하다. 가볍다.	박막, 관, 용기, 약품병, 절연재료
폴리 초산비닐	$H_2C=CH(OCOCH_3)$	$[-CH_2-CH(OCOCH_3)-]_n$	알콜, 아세톤에 용해되며 유연하다. 접착력이 크다.	접착체, 비날론의 원료, 염료, 껌
폴리 스티롤	$CH_2=CH(C_6H_5)$	$[-H_2C-CH(C_6H_5)-]_n$	물에 잘 견디고 투명하며 빛음성이 좋다.	고주파전기 절연재료, 투명용기, 발포단열재
폴리메타크릴산메틸에스테르 (유기유리)	$H_2C=C(CH_3)(COOCH_3)$	$[-CH_2-C(CH_3)(COOCH_3)-]_n$	투명하고 깨기 힘들다.	투명판, 비행기유리, 건축재료, 렌즈
폴리염화 비닐리덴	$CH_2=CCl_2$	$[-CH_2-CCl_2-]_n$	수분, 기체가 잘 통과하지 못하며 바다물, 바람, 비에 잘 견딘다.	포장재료, 물고기그물, 체육그물

중축합반응에 의하여 만드는 수지

페놀수지. 페놀수지는 페놀과 포름알데히드를 중축합시켜 만든다. 이때 단량체들의 비률(물질량비)과 촉매에 따라 성질이 다른 두 종류의 수지가 얻어질수 있다.

포르말린에 페놀을 많이 넣고 산(염산…)을 촉매로 쓰면 실사슬구조의 수지가 얻어진다. 이 수지를 노볼라크수지라고 부른다.

$$n\,C_6H_5OH + n\,CH_2O \xrightarrow{산} [-C_6H_3(OH)-CH_2-]_n + nH_2O$$

노볼라크수지

이 수지는 열가소성수지이며 알콜, 벤졸 등에 잘 용해된다.

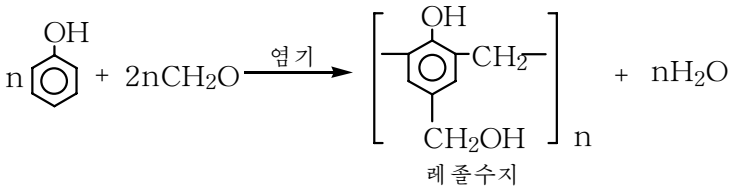
노볼라크수지는 시험관에서도 쉽게 얻어진다.

실험 노볼라크수지만들기

시험관에 페놀 2g, 포르말린 4mL, 짙은 염산 0.5mL를 넣고 알콜등으로 몇min동안 열을 준다. 액체가 걸쭉해지면 시험관을 식힌다.

페놀에 포르말린을 많이 넣고 염기(암모니아수)를 촉매로 쓰면 페놀분자의 *p*-자리에도 포름알데히드가 결합된 수지가 얻어진다.

이 수지를 레졸수지라고 부른다.

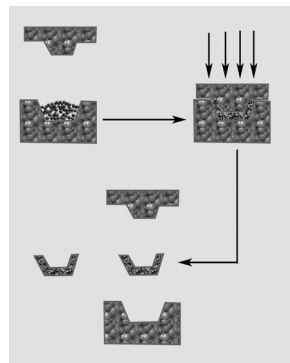
$$n\,C_6H_5OH + 2n\,CH_2O \xrightarrow{\text{염기}} \left[-C_6H_2(OH)(CH_2OH)-CH_2-\right]_n + nH_2O$$

레졸수지

실사슬구조의 레졸수지는 용매에 용해된다. 그러므로 라크를 만드는데 쓰인다.

레졸수지는 가열하면 탈수축합되여 3차원적인 그물구조를 이루면서 굳어진다. 이렇게 굳어진 수지는 열을 주어도 녹지 않고 용매에 용해되지도 않는다. 이런 수지를 **열경화성수지**라고 부른다.

그림 5-6. 성형수지제품만들기

중축합반응에 의하여 만들어지는 합성수지로서는 열경화성수지가 많다.

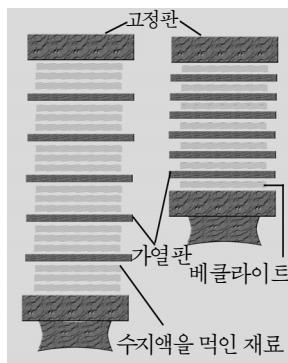
페놀수지(노볼라크 또는 레졸수지)로 제품을 만들자면 수지에 채움감, 색감, 경화제(노볼라크수지를 쓸 때)를 넣고 가루로 만든 다음 이것을 일정한 형타에 넣고 열을 주면서 프레스로 눌러 만든다.

※ 채움감은 수지를 적게 쓰고도 제품의 체적을 크게 하고 기계적성질을 좋게 하는 물질이다. 팔프, 천, 톱밥과 같은것이 많이 쓰인다.

경화제는 수지가 빨리 굳어지게 하는 물질이다.

레졸수지의 알콜용액에 팔프나 천, 종이를 잠그었다가 말리운 다음 여러겹으로 포개놓고 열을 주면서 프레스로 누르면 베클라이트가 얻어진다. 이것은 철보다 몇배나 가벼우면서도 굳다.

그림 5-7. 베클라이트판만들기

페놀수지로 만든 제품은 기계적성질이 좋고 열에 잘 견디며 전기절연성도 좋다. 그러므로 페놀수지는 기계부속품, 전기기구, 일용품을 만드는데 널리 쓰이며 특히 베클라이트판을 만드는데 많이 쓰인다. 페놀수지의 알콜용액은 칠감으로 쓰인다.

중축합반응에 의하여 만드는 수지가운데 몇가지를 표 5-2에 주었다.

중축합반응에 의하여 만드는 수지　　　표 5-2

이 름	단 량 체	성 질	리 용
뇨소수지	$O{=}C(NH_2)_2$, $H{-}C({=}O){-}H$	투명하고 착색이 쉽다. 열에 잘 견디며 접착성이 좋다.	음식그릇, 전기기구, 접착제, 잡화류
멜라민수지	$C_3N_3(NH_2)_3$ (H₂N, NH₂, NH₂가 붙은 트리아진고리), $H{-}C({=}O){-}H$	투명하고 광택이 있으며 약품에 잘 견딘다.	음식그릇, 가구, 전기기구, 염료, 접착제
글리프탈수지	$C_6H_4(COOH)_2$, $H_2C(OH){-}CH(OH){-}CH_2(OH)$	접착성이 좋다.	염료, 접착제

발전 나노수지복합재료

유기중합물에 나노무기충전물을 분산시켜 만든 유기-무기나노복합재료는 수지의 특성을 개선한다. 나노수지에서 나노무기재료의 립자크기는 100nm정도이다. 나노수지는 일반수지에서는 볼수 없는 우수한 특성을 가진 새 재료로서 응용전망이 크다.

1) 항균수지

수지에 나노립자로 된 항균제를 넣어 만든다. 무기항균제는 립자직경이 작고 단위체적당 항균제립자수가 많으며 비결면적이 크므로 세균과의 접촉면적이 증가되여 항균효과가 높아진다. 따라서 안정성이 크고 독성이 없으며 항균효과시간이 길고 지속효과가 좋으며 항균효률이 높다. 대장막대균에 대한 항균률은 94%이상이다. 이러한 항균성나노수지는 랭동기문과 내부구조물, 세탁기의 항균불수강통, 항균세척뽐프뿐아니라 공기조화기, 전기밥가마 등에 널리 쓰인다.

2) 불에 견디는 수지

나노Sb_2O_3을 충전제로 하여 겉면을 변화시키면 수지의 내화성이 매우 강해진다. 가정용전기제품들인 전기밥가마, TV, 각종 조명기재 등의 접속구를 만드는데 쓴다.

3) 자외선차폐수지

합성수지속에 0.3%의 체적비로 나노TiO_2을 첨가하면 700h동안 강한 자외선을 쪼여도 그 당김세기는 10%정도밖에 떨어지지 않는다.

비행기창문재료인 유기유리는 자외선을 받으면 로화되여 불투명해지는 결함이 있다. 만일 유기유리겉면에 나노TiO_2막을 입히면 이 나노막의 투명성과 자외선에 대한 흡수특성으로 하여 자외선에 의한 로화를 막을수 있다.

이외에 전도성수지, 자성수지도 리용되고있다.

나노TiO_2을 담체로 하여 치밀한 SiO_2, Sb_2O_3막을 씌우면 좋은 전도체가 되는데 이것을 수지에 풀어 전도성수지로 리용한다. 이런 전도성수지는 주로 가정용전기제품의 결함과 인체에 해로운 전자기파제거 및 공기조화기의 먼지제거에 쓰인다.

나노철산화물과 희토류 등 초자성물질과 수지가소제를 혼합하면 자기적특성이 매우 좋은 수지재료가 된다. 이러한 자성수지는 벌써 자석총생산량의 15%를 차지하고있다. 마이크로급정밀전기회전자와 고정자의 부속품, 랭동기의 문밀폐바킹, TV, 록화기, 록음기, 전화기 등의 부분품 제조에 널리 쓰이고있다.

기타 여러가지 수지

수지의 종류에는 그의 기능에 따라 고흡수성수지, 생분해성수지, 감광성수지, 전도성수지, 이온교환수지가 있다.

고흡수성수지는 짧은 시간에 다량의 물을 흡수하는 성질이 있으므로 습기조절제, 위생용품, 사막을 록화하는 토양보수재(물을 보존하는 재료)로 리용된다.

생분해성수지는 토양이나 물의 미생물에 의하여 분해되는 수지로서 외과수술용봉합실 등에 리용된다.

감광성수지는 강한 빛에 의하여 분자들사이에서 구조적변화가 일어나 중합도가 크게 되고 굳어지며 용매에도 녹지 않는 수지로서 신문, 잡지의 인쇄판, 집적회로의 배선기판, 인쇄잉크의 첨가제 등에 사용된다.

또한 분자내에 2중결합을 많이 가지고있는 수지에 할로겐을 적은 량 첨가함으로써 높은 전도성을 가지게 하여 고성능전지, 축전지 등에 리용하는 전도성수지가 있다.

이온교환수지에는 전해질용액속에서 H^+를 내고 다른 양이온과 결합하거나 또는 OH^-를 내고 다른 음이온과 결합할수 있는 립체그물구조의 불용해성합성수지가 있다.

문 제

1. 열가소성수지와 열경화성수지가 어떻게 다른가를 례를 들어 설명하여라.
2. 염화비닐수지는 아세틸렌을 기본원료로 하여 만든다. 폴리염화비닐 1t을 만드는데 표준조건에서 아세틸렌이 몇㎥ 필요한가?(반응거둠률은 100%로 보아라.) (답. 358.4㎥)
3. 폴리에틸렌수지를 1만t 만들려면 0℃, 0.1MPa에서 에틸렌이 몇㎥ 있어야 하는가?(반응거둠률은 100%로 본다.) (답. 8×10^6㎥)
4. 불순물이 15% 섞인 카바이드 1t으로부터 염화비닐을 얼마나 만들수 있겠는가? (답. 830㎏)

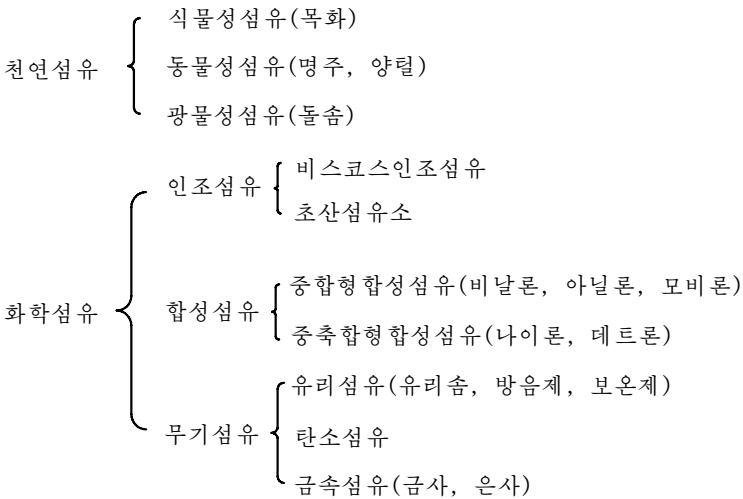
제3절. 합성섬유

우리가 흔히 다루는 섬유들중에는 천연섬유만이 아니라 화학섬유가 많으며 그가운데서도 특히 합성섬유가 대부분을 이룬다.

합성섬유는 석회석과 무연탄, 원유와 같은 물질로부터 화학적방법으로 만든 화학섬유이다.

그림 5-8. 목화, 양털의 천연섬유와 합성섬유

※ 섬유의 분류

- 천연섬유
  - 식물성섬유(목화)
  - 동물성섬유(명주, 양털)
  - 광물성섬유(돌솜)
- 화학섬유
  - 인조섬유
    - 비스코스인조섬유
    - 초산섬유소
  - 합성섬유
    - 중합형합성섬유(비날론, 아닐론, 모비론)
    - 중축합형합성섬유(나이론, 데트론)
  - 무기섬유
    - 유리섬유(유리솜, 방음제, 보온제)
    - 탄소섬유
    - 금속섬유(금사, 은사)

섬유는 어떤 성질을 가지고있는가.

생활에서 체험한것 혹은 실험과 자료조사의 방법으로 천연섬유(면, 양털, 견)와 합성섬유(비날론, 나이론, 데트론)의 성질에서의 차이점을 찾아보아라. 그리고 다음의 표에 적어넣어라.(표시는 《강, 약》으로 하여라.)

성 질		천연섬유			합성섬유		
		면	양털	견	비날론	나이론	데트론
물흡수성							
질김도							
화학시약에 대한 안정성	산						
	염기						
열에 대한 안정성							
염색성							

섬유와 빨래

합성섬유는 열에 대한 안정성이 높지 못하므로 높은 온도에서 잘못 다루면 변형된다. 그러므로 면천은 삶아 빨아도 되지만 나이론, 데트론을 비롯한 화학섬유는 삶아 빨면 구겨지거나 수축되여 본래 상태로 되기 힘들다. 만일 더운물로 빨았더라도 인차 찬물에서 헹구지 말아야 한다. 그것은 섬유짬에 끼여있던 때가 떨어져나가기 전에 섬유에서 수축이 일어나 때가 그대로 끼여있게 되기때문이다. 그러면 특히 흰샤쯔나 속옷이 누렇게 변색된다. 그러므로 40℃ 아래의 온도에서 빠는것이 좋다.

빨래할 때 지나치게 비비거나 힘을 주어 비틀지 말아야 한다.

말릴 때는 옷을 바람이 잘 통하는 서늘한 곳에 걸어놓아야 하며 해빛이 직접 쪼이지 않게 해야 한다.

합성섬유는 어떻게 만드는가.

합성섬유는 중합 또는 중축합반응에 의하여 실사슬고분자화합물을 만들고 그것을 녹이거나 일정한 용매에 용해시켜 방사하는 방법으로 만든다.

중합형합성섬유

대표적인 섬유는 비날론, 아닐론, 모비론 같은것들이다.

비날론

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《수령님께서는 청수화학공장에 비날론중간공장을 건설하여 시험생산을 하도록 하시고 장차 전쟁이 끝나면 큰 규모의 비날론공장을 건설할 원대한 구상을 무르익히시였습니다. 우리 과학자들에 의하여 발명되고 우리의 설계와 기술, 자재로 우리의 로동계급이 일떠세운 비날론공업의 력사는 이렇게 시작되였습니다.》

비날론공업발전에 불멸의 업적을 쌓아올리신 위대한 수령님과 위대한 장군님의 현명한 령도에 의하여 오늘 우리 나라에서는 주체섬유인 비날론이 폭포처럼 쏟아지고있다.

비날론은 우리 나라에 풍부한 석회석과 무연탄을 원료로 하여 생산한다. 비날론섬유를 만드는 고분자물질은 폴리비닐알콜이다.

폴리비닐알콜은 어떻게 만드는가.

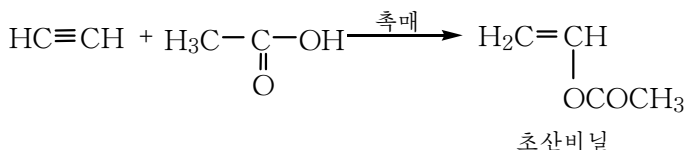
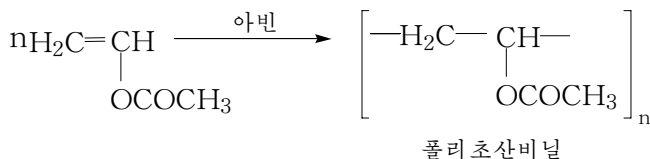
ⓘ 석회석으로부터 아세틸렌과 초산을 만들려면 어떻게 하여야 하는가? 화학반응식으로 나타내여라.

먼저 아세틸렌에 초산을 부가하여 초산비닐을 합성한다.

$$HC \equiv CH + H_3C-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-OH \xrightarrow{\text{촉매}} H_2C=\underset{\underset{OCOCH_3}{|}}{CH}$$

초산비닐

다음 초산비닐을 메타놀용액속에서 중합한다.

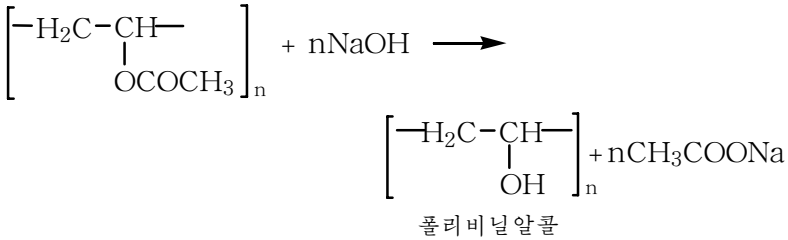
$$nH_2C=\underset{\underset{OCOCH_3}{|}}{CH} \xrightarrow{\text{아빈}} \left[-H_2C-\underset{\underset{OCOCH_3}{|}}{CH}- \right]_n$$

폴리초산비닐

ⓘ 폴리초산비닐은 구조를 보면 어느 물질부류에 속하는가? 어떤 반응이 가능한가?

폴리초산비닐은 알카리를 작용시키면 쉽게 비누화된다.

(?) 비누화반응이란 어떤 반응인가?

폴리초산비닐을 메타놀용액에서 수산화나트리움으로 비누화하여 폴리비닐알콜을 얻는다.

$$\left[-H_2C-\underset{\underset{OCOCH_3}{|}}{CH}- \right]_n + nNaOH \longrightarrow \left[-H_2C-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}- \right]_n + nCH_3COONa$$

폴리비닐알콜

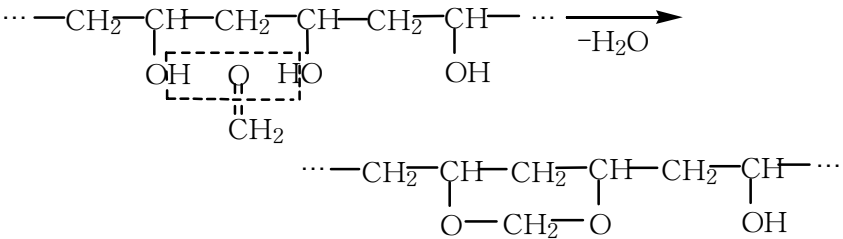
폴리비닐알콜은 더운물에 잘 용해되는 흰 가루 또는 성긴 덩어리이다. 폴리비닐알콜을 90~100℃의 물에 용해시켜 14~15% 수용액으로 만들어 방사원액으로 쓴다. 이것을 류산나트리움을 기본성분으로 하는 응고액속에 방사하여 섬유띠를 얻는다.

※ 수평방사에서 얻은 섬유는 그 세기가 떨어지므로 수직방사법을 쓴다.

이때 섬유의 열견딜성을 높이기 위하여 섬유를 200℃이상 되는 공기속으로 잡아늘군다. 이 과정에 고분자는 축방향으로 질서있게 배렬된다. 얻어진 폴리비닐알콜섬유에는 구조단위마다에 친수성히드록실기가 있으므로 뜨거운 물에 용해된다. 따라서 섬유로 쓸수 없다.

그러므로 포르말린으로 처리하여 히드록실기 -OH를 없애면(전체 히드록실기의 약 60%가량) 뜨거운 물에도 잘 견디는 비날론섬유가 얻어진다.

$$\cdots-CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_2-\underset{\underset{HO}{|}}{CH}-CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-\cdots \quad + \quad \underset{\underset{CH_2}{\|}}{O} \xrightarrow{-H_2O}$$

$$\cdots-CH_2-\underset{\underset{O-CH_2-O}{|\qquad\quad|}}{CH-CH_2-CH}-CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-\cdots$$

비날론섬유

비날론은 목화섬유나 인조섬유보다 훨씬 가볍고 매우 질기며 습기를 흡수하는 성질이 강하다. 순수한 비날론으로 혹은 인견, 면, 양털과 섞어 양복천, 뜨개옷, 내의류, 양말 같은것을 만들수 있다.

비날론은 또한 산, 알카리, 바다물에 잘 견디므로 려과천, 천막, 고기그물, 바줄, 다이야나 벨트의 심줄을 만드는데 널리 쓰인다.

참고 리승기박사

1939년에 리승기박사는 세계에서 처음으로 폴리비닐알콜을 기본원료로 하여 비날론을 발명하는 특출한 연구성과를 내놓았다. 그러나 당시 일제의 식민지통치밑에서는 그 제조기술을 완성하고 공업화할수 없었다.

위대한 수령님의 품에 안겨 리승기박사는 전쟁의 불구름속에서도 합성섬유의 공업화를 위한 연구를 계속할수 있었다. 수령님께서는 비날론제품이 나오자 《비날론》이라고 우리 식의 이름도 지어주시고 대규모의 공업으로 발전하도록 손잡아 이끌어주시였다.

위대한 수령님과 위대한 장군님의 따뜻한 사랑의 품속에서 리승기선생은 세계가 다 아는 과학자로 되였으며 생의 말년까지 많은 연구성과를 내놓았다.

중축합형합성섬유

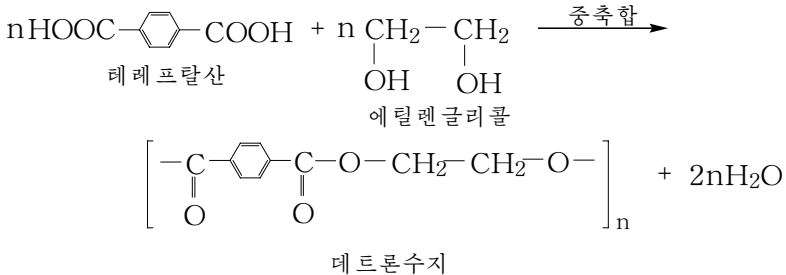
대표적인 섬유는 데트론, 나이론 같은것들이다.

데트론은 테레프탈산과 에틸렌글리콜을 중축합하여 데트론수지를 얻고 그것을 용융방사하여 만든 섬유이다.

$$n\,HOOC-C_6H_4-COOH + n\,\underset{OH}{CH_2}-\underset{OH}{CH_2} \xrightarrow{\text{중축합}}$$

테레프탈산 에틸렌글리콜

$$\left[-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-C_6H_4-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-O-CH_2-CH_2-O-\right]_n + 2nH_2O$$

데트론수지

※ 용액방사 — 고분자용액을 노즐을 통하여 응고액속에 내보내여 섬유를 만드는 방법.

용융방사 — 녹인 고분자화합물을 공기 또는 드문기체매질속에서 방사하여 식혀 고체로 변화시키고 섬유모양으로 만드는 방사방법.

표 5-3에 몇가지 합성섬유를 주었다.

몇가지 합성섬유 표 5-3

구분	계렬	이름과 원료	단량체	중합체	방사방법	특징과 리용
중합형섬유	비닐알콜계	비날론 (석회석, 무연탄)		$[-CH_2-CH(OH)-]_n$ 폴리비닐알콜	용액방사	가볍고 매우 질기며 습기를 잘 빤다. 산이나 알카리에 견딘다. 뜨개옷, 내의류, 바줄, 심줄
	염화비닐계	모비론 (석회석, 무연탄)	$H_2C=CH(Cl)$ 염화비닐	$[-CH_2-CH(Cl)-]_n$ 폴리염화비닐	용액방사	열에 좀 약하며 매우 안정하다. 이불솜, 담요, 털외투, 털모자
중축합형섬유	아크릴니트릴계	아닐론 (원유, 석회석, 무연탄)	$H_2C=CH(CN)$ 아크릴니트릴	$[-CH_2-CH(CN)-]_n$ 폴리아크릴니트릴	용액방사	양털과 비슷하다. 유연하고 보온성이 좋다. 열에 약간 세며 알카리에 좀 약하다. 양복, 쎄타, 외투, 목수건
	에스테르계	데트론 (원유, 석탄)	$HOOC-C_6H_4-COOH$ 테레프탈산 $CH_2(OH)-CH_2(OH)$ 에틸렌글리콜	$[-C(=O)-C_6H_4-C(=O)-O-CH_2-CH_2-O-]_n$ 폴리에틸렌테레프탈라트	용융방사	열에 세며 알카리에 좀 약하다. *m*—크레졸에 용해된다. 양복, 샤쯔, 벨트, 바줄, 그물
	아미드계	나이론 (원유, 석탄)	$HOOC-(CH_2)_4-COOH$ 아디핀산 $H_2N-(CH)_6-NH_2$ 헥사메틸렌디아민	$[-C(=O)-(CH_2)_4-C(=O)-N(H)-(CH)_6-N(H)-]_n$ 폴리아미드	용융방사	열에 약하며 산에 매우 약하다. 질기며 물감이 잘 든다. 뜨개옷, 양말, 고기그물, 바줄, 다이야심줄

섬유는 섬유종류에 따라서 불에 타는 상태와 냄새 그리고 재의 색갈과 형태가 고유한 특징을 가지고있다. 그러므로 섬유를 갈라보는 가장 간단하고 좋은 방법은 불태워보는 방법이다.(표 5-4)

여러가지 섬유를 태울 때의 변화표 표 5-4

섬유의 종류	불에 타는 상태	냄 새	재의 색갈과 형태
면	매우 빨리 타면서 누런 불꽃에 푸른색연기	종이 타는 냄새	재가 적게 생기고 연하며 연회색
양털	천천히 연기를 내고 거품을 내면서 불에 탄다.	머리칼을 태우는 역한 냄새	재가 많고 광택있는 검은색의 부스러지는 덩어리
누에실	천천히 타면서 덩어리로 엉긴다.	머리칼을 태우는 역한 냄새	재는 검은 밤색의 작은 구로서 손가락으로 누르면 부스러진다.
비스코스인조 섬유	빨리 타면서 누런 불꽃을 낸다.	종이 타는 냄새	재가 적게 생기고 연회색 또는 회백색을 띤다.
비날론	천천히 타면서 빨리 줄어들고 불꽃은 흰색이고 밝다.	특수한 역한 냄새	재는 밤색의 굳은 덩어리, 손으로 비비면 부스러진다.
아닐론	녹으면서 천천히 탄다. 불꽃은 흰색이다.	비린 물고기 냄새	재는 검은 원형이며 잘 부스러진다.
데트론	불에 타면서 줄어들고 녹으면서 연기를 낸다. 누런색불꽃이다.	방향족냄새	재는 검은밤색의 덩어리, 손으로 비비면 부스러진다.
나이론	녹으면서 천천히 불타며 연기는 색갈이 없거나 회색, 불꽃이 매우 작고 푸른색이다.	미나리냄새	재는 검은밤색덩어리, 잘 부스러진다.

나노화학섬유

합성섬유에 나노립자를 첨가하여 자외선 및 적외선방지, 전자기파복사방지, 항균, 냄새제거, 보온성과 같은 기능을 가진 화학섬유를 만들수 있다.

1) 자외선방지용화학섬유

나노Al_2O_3, ZnO, TiO_2, $CaCO_3$ 등과 같은 나노립자를 섬유에 첨가하여 자외선과 전자기파복사를 막아내는《나노옷》이 개발되여 주목을 끌고있다. 이 섬유는 자외선과 전자기파를 95%이상 흡수하거나 차페시킨다.

주로 운동복, 지은옷, 위생복, 작업복, 수영복, 어린이옷을 만들거나 장식천, 각종 양산, 창가림천, 천막용천으로 쓴다.

2) 항균, 냄새제거용화학섬유

항균재료에는 무기 및 빛촉매항균재료가 있는데 무기항균재료로는 백금, 아연과 그 화합물, 빛촉매재료로는 나노TiO_2, 나노SiO_2 등이 있다. 이러한 나노금속, 나노산화물들을 화학섬유에 첨가하면 균억제와 살균효과를 높인다.

최근에 개발한 나노항균, 냄새제거제는 섬유내부에 침투되여 직물에 영구적으로 존재하면서 내마모성, 색고착능력을 높이고 수축률을 낮추므로 각종 형태의 방직제품, 신발류에 쓸수 있다.

3) 적외선차페용보온내의

적외선흡수기능이 강한 나노립자를 섬유에 첨가하면 옷의 보온효과를 높일수 있다. 이러한 직물은 보통직물보다 보온성이 12% 높다고 한다.

지금 이런 보온내의는 상품화되여 리용되고있다.

4) 먼적외선반사용화학섬유

이 섬유는 사람의 몸에서 나오는 열을 흡수하거나 일정한 파장대역의 먼적외선을 인체에 복사할수 있는 특징이 있다. 이 섬유는 인체에서 혈액순환을 촉진시키는 작용을 하며 세포활동력을 높이고 물질대사를 촉진시킨다.

5) 물과 기름에 《적셔지지 않는》 섬유

나노TiO_2을 분무도포하여 처리한 면천, 모직, 명주, 화학섬유 등 각종 방직물은 물과 기름 등 액체에 《적셔지지 않는》 성질을 가지면서도 방직물의 본래 성질을 변화시키지 않게 된다. 이런 방직물로 만든 의복류는 옷을 세척하는 회수를 많이 줄일수 있고 세척하는 경우에도 물에서 가볍게 헹구기만 하면 된다. 심히 어지러워졌을 때에는 세척제를 적게 쓰면서도 쉽게 세척할수 있다.

이밖에 금속나노립자들을 섬유에 첨가하여 마찰에 의하여 발생하는 시끄러운 정전기적현상을 제거할수 있다.

섬유의 발전과 그 전망

우주정복과 관련하여 1 200~1 500℃에서도 견디는 내열성탄소섬유, 규소섬유들이 생산되고있다. 또한 지혈, 썩음막이특성이 있는 의학용섬유, 일정한 시간이 지나면 피속에 녹아 없어지는 수술봉합용섬유, 빛과 전기를 나르는 섬유, 불에 타지 않는 섬유, 자기 질량의 400배에 달하는 물을 흡수하는 섬유 등 특수섬유들이 많이 개발되고있다.

21세기의 섬유는 사람들의 생활과 건강에 더욱더 편리하게 발전하게 될것이다.

사람이 움직일 때 생기는 력학적에네르기나 주위의 빛을 가지고 전기를 일으키게 하는 섬유, 공기속의 병균이나 담배연기속의 독성물질을 제거하는 재간을 가진 섬유제품들도 개발되고있다. 옷의 색갈변화로 사람들에게 주위 공기속의 독성물질오염정도나 방사선의 쪼임정도를 알려줌으로써 제때에 대책을 세울수 있게 하는 섬유도 연구되고있다.

문 제

1. 비스코스인조섬유, 목화, 아닐론, 양털, 비날론, 비단, 나이론중에서 천연섬유에 속하는것은 어느것이고 인조섬유에 속하는것은 어느것이며 합성섬유에 속하는것은 어느것인가?
2. 비날론은 왜 습기를 흡수하는 성질이 우세한가? 구조로부터 찾아보아라.
3. 화학섬유를 만드는데서 방사는 어떤 역할을 하는가?
4. 비날론을 만들 때 왜 포르말린처리를 해야 하는가?
5. 비날론 1t을 생산하는데 아세틸렌은 12℃, 5MPa에서 21.9㎥ 든다. 비날론 10만t을 생산하자면 95%의 순도를 가지는 카바이드가 몇t 필요한가?(리상기체로 보고 계산하여라.) (**답**. 약 31만 5천t)

제4절. 합성고무

천연고무

천연고무란 어떤 물질이며 어떤 성질을 가지고있는가.

열대지방에서 자라는 고무나무에 흠집을 내면 진(라텍스)이 나온다.

이 고무나무진에 초산을 넣으면 튐성이 있는 물질이 엉겨나온다.

이것이 천연고무이다.

천연고무는 벤졸, 휘발유와 같은 용매에 잘 용해되여 끈기있는 용액으로 된다.

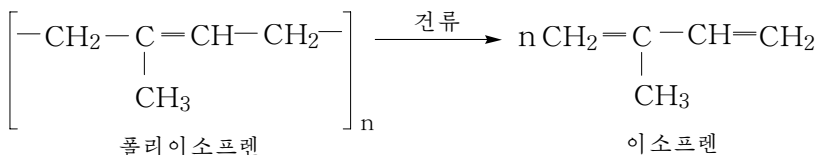
고무의 중요한 성질의 하나는 다른 고분자물질과 달리 좋은 튐성을 가지는 것이다.

고무는 왜 튐성을 가지는가.

그것은 그의 구조와 관련되여있다.

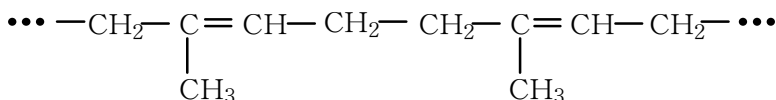
천연고무를 건류하면 이소프렌이 얻어진다.

그림 5-9. 고무나무에서 진을 받는다

$$\left[-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}=CH-CH_2- \right]_n \xrightarrow{\text{건류}} n\,CH_2=\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}-CH=CH_2$$

폴리이소프렌 이소프렌

? 이소프렌은 구조로 보면 어떤 반응이 가능한가?

천연고무는 이소프렌이 중합된 실사슬구조의 시스-1,4-폴리이소프렌이다. 분자량은 10만~100만이다.

$$\cdots -CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}=CH-CH_2-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}=CH-CH_2-\cdots$$

고무의 고분자사슬은 분자안의 2중결합으로 하여 분자가 꼬불꼬불 구부러져있다. 힘을 주어 당기면 이 꼬불꼬불한 사슬이 곧추 펴지면서

고무가 쉽게 늘어난다. 힘을 주지 않으면 또다시 본래의 상태로 되돌아간다. 이런 성질이 고무의 튐성이다.

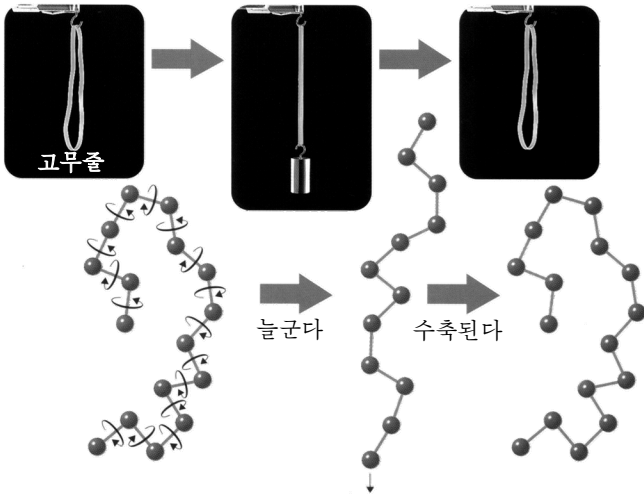



그림 5-10. 고무의 튐성

ⓘ 섬유소는 긴사슬모양의 고분자화합물이지만 튐성이 거의 없다. 왜 그런가?

합성고무

천연고무의 구조가 밝혀지고 고무가 여러곳에 쓰이게 되자 사람들은 그것을 만들 시도를 하였다.

ⓘ 천연고무의 구조를 보고 어떤 물질로 고무를 만들수 있겠는가 생각해 보아라.

이소프렌과 같은 공액디엔을 중합하면 튐성이 있는 고분자물질이 얻어진다.

지금은 천연고무보다 더 좋은 여러가지 합성고무들이 생산되고있다.

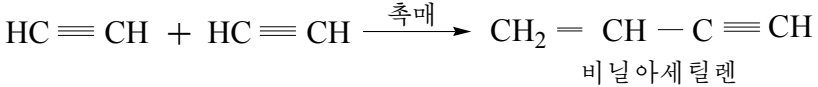
우리 나라에서 전망이 큰것은 카바이드를 기본원료로 하며 성질이 좋고

그림 5-11. 합성고무의 리용

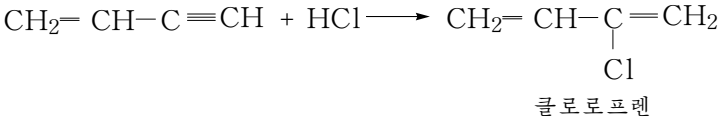
생산공정이 비교적 간단한 클로로프렌고무이다.

클로로프렌고무는 다음과 같이 만든다.

아세틸렌 두 분자로부터 비닐아세틸렌을 만든다.

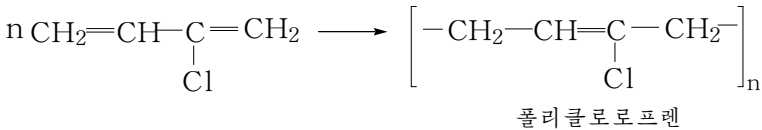
$$HC \equiv CH + HC \equiv CH \xrightarrow{\text{촉매}} CH_2 = CH - C \equiv CH$$

비닐아세틸렌

비닐아세틸렌에 염화수소를 부가시켜 클로로프렌을 만들어 단량체로 리용한다.

$$CH_2 = CH - C \equiv CH + HCl \longrightarrow CH_2 = CH - \underset{\substack{| \\ Cl}}{C} = CH_2$$

클로로프렌

이것을 중합하여 폴리클로로프렌(클로로프렌고무)을 얻는다.

$$n\, CH_2 = CH - \underset{\substack{| \\ Cl}}{C} = CH_2 \longrightarrow \left[- CH_2 - CH = \underset{\substack{| \\ Cl}}{C} - CH_2 - \right]_n$$

폴리클로로프렌

고무의 가류

화학적으로 가공하지 않은 천연고무와 합성고무를 통털어 **생고무**라고 부른다. 생고무에서는 실사슬구조를 가진 고분자들이 서로 떨어져있다.(그림 5-12 ㄱ))

? 실사슬구조를 가지는 고분자물질의 일반적인 성질은 무엇인가?

생고무에서는 분자사이에 작용하는 힘이 약하여 용매에 용해되며 온도가 변하면 퇸성을 잃는다. 또한 분자안에 다중결합이 있으므로 공기중의 산소에 의하여 이 부분이 천천히 산화되며 결과 고무가 점차 퇸성을 잃고 로화되는 성질이 있다. 이것을 막기 위하여 실사슬구조의 생고무에 류황을 섞어 가공한다. 이것을 가류라고 부른다.

생고무를 가류하면 류황원자가 2중결합의 자리에서 고분자사슬들사이에 다리결합을 만들면서 실사슬구조가 그물구조로 된다.(그림 5-12 ㄴ))

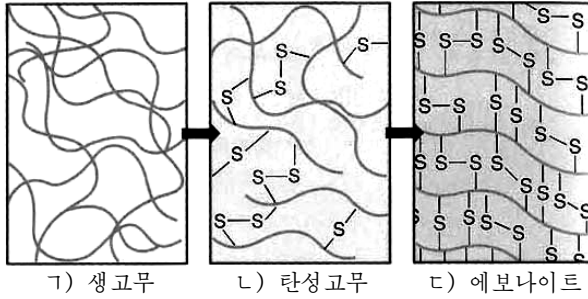



그림 5-12. 고무의 사슬구조와 가류에 의한 그물구조

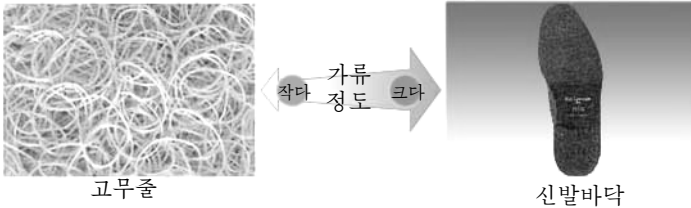
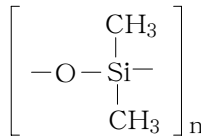



그림 5-13. 고무의 가류정도에 의한 변화

가류고무는 생고무보다 마찰(센 당김)에도 잘 닳지 않고 질기며 유기용매에도 잘 견딘다. 또한 공기나 빛의 영향을 받지 않고 오래동안 퇸성을 유지한다. 생고무에 40%까지의 류황을 섞고 가류하면 에보나이트(그림 5-12 ㄷ))라고 부르는 검은색의 굳은 물질이 얻어진다.

몇가지 합성고무를 표 5-5에 주었다.

이외에 실리콘고무도 있다.

$$\left[-O-\underset{\substack{|\\CH_3}}{\overset{\substack{CH_3\\|}}{Si}}- \right]_n$$

실리콘고무

이 고무는 열과 추위에 잘 견디며 전기절연성이 좋다. 또한 인체에 대한 영향이 적으므로 인공혈관을 비롯한 의료용재료로도 쓰인다.

불소고무 $\left[-CF_2-\underset{\substack{|\\CH_3}}{CH}-CH_2-CF_2- \right]_n$는 열과 약품, 기름에 잘 견딘다. 그러므로 자동차공업, 화학공업 등에 널리 리용된다.

합성고무는 인민경제 여러 부문과 국방공업, 우주개발을 위한 새로운 기술분야에도 필수적인 재료로 쓰이고있다.

몇가지 합성고무 표 5-5

이름	략칭	단량체	중합체	특징과 리용
클로로프렌고무	CR	$CH_2{=}CH{-}C(Cl){=}CH_2$	$[{-}CH_2{-}CH{=}C(Cl){-}CH_2{-}]_n$	열에 잘 견디고 태우기 힘들며 퇴성이 좋고 잘 닳지 않으며 기름과 약품에 잘 견딘다. 다이야, 피대, 화학장치, 안붙임감, 바킹
이소프렌고무	IR	$CH_2{=}CH{-}C(CH_3){=}CH_2$	$[{-}CH_2{-}CH{=}C(CH_3){-}CH_2{-}]_n$	천연고무에 가깝다. 잘 닳지 않는다. 다이야, 피대, 신발, 전기피복선 등 일반용고무
부타디엔고무	BR	$CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2$	$[{-}CH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}]_n$	잘 닳지 않으며 추위에 잘 견딘다. 다이야, 벨트, 신발
아크릴니트릴-부타디엔고무	MBR	· $CH_2{=}CH{-}CN$ · $CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2$	$[{-}CH_2{-}CH(CN){-}CH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}]_n$	열과 기름에 잘 견디며 잘 닳지 않으며 추위에 좀 약하다. 기름호스, 기름바킹
스티롤-부타디엔고무	SBR	· $C_6H_5{-}CH{=}CH_2$ · $CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2$	$[{-}CH(C_6H_5){-}CH_2{-}CH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}]_n$	열, 약품에 잘 견디며 잘 닳지 않으며 로화되기 힘들다. 다이야

발전

고무와 나노재료

고무에 나노SiO_2분말을 균일하게 분산시키면 고무분자와 나노SiO_2립자들이 결합하여 고무의 질김성과 퇴성, 내마모성을 높이며 동시에 500nm이하의 파장을 가지는 자외선을 70~80% 반사한다. 이와 같은 고무는 자동차다이야생산에 리용되고있는데 이 다이야의 꺾임파괴회수는 10만으로부터 50만으로 높아진다고 한다.

탄소그을음을 쓰지 않고 백색의 나노SiO_2과 나노착색제를 쓰면 착색제의 색갈에 따라 질이 높으면서도 각이한 색을 내는 고무를 생산할수 있다.

문 제

1. 고무가 퇸성을 가지는것은 무엇때문인가?
2. 생고무보다 가류고무가 더 질기고 잘 닳지 않는것은 무엇때문인가?
3. 생고무도 실사슬구조의 고분자물질인데 왜 실로 뽑을수 없는가?
4. 고무를 잡아당기면 잘 늘어나는데 비날론은 그에 비하여 잘 늘어나지 않는다. 왜 그런가?
5. 클로로프렌 3만t을 만드는데 카바이드 몇t이 필요한가? 카바이드의 순도는 85%이다. (답. 51 000t)

제5절. 고분자화합물용액

고분자화합물용액과 그 특성

농마, 단백질을 비롯한 고분자화합물을 용매에 용해시키면 부풀면서 천천히 용해된다. 이 용액을 **고분자화합물용액**이라고 부른다.

이 용액에서 고분자의 크기는 1~10㎚로서 콜로이드알갱이의 크기와 비슷하다. 그러므로 고분자화합물용액은 콜로이드용액과 비슷한 성질을 나타낸다.

콜로이드용액에서 나타나는 틴달현상과 전기영동현상이 고분자화합물용액에서도 그대로 나타난다. 그렇다고 하여 고분자화합물용액이 콜로이드용액과 꼭 같다고 할수는 없다. 왜 그런가?

콜로이드용액에서 콜로이드알갱이는 수천수만개의 분자나 이온들이 모여붙어 이루어진 알갱이로서 겉면을 가지고있다. 그러나 고분자화합물용액에서 고분자는 콜로이드알갱이와 크기는 비슷하지만 모여붙어 이루어진것이 아니라 개별분자상태로 하나하나 흩어져있기때문에 보통의 용액과 마찬가지로 겉면이 없다.

※ 겉면-서로 다른 모임상태 또는 서로 다른 물질들사이의 경계면을 말한다. 액체상태의 물, 얼음(고체), 수증기(기체)가 함께 있다면 모임상태가 다른것들사이의 경계면은 제가끔 겉면이다. 물속의 공기방울, 공기속의 액체방울, 물우에 뜬 기름사이의 경계면도 겉면이다.

Ⓠ 고분자화합물용액은 콜로이드용액보다 안정하다. 왜 그런가?

고분자화합물용액의 성질

염석. 콩단백질용액을 가지고 두부를 만들 때 무엇을 넣고 응고시키는가. 그렇게 하면 왜 응고되는가.

물속에 용해되여있던 콩단백질은 서슬($MgCl_2$)을 넣으면 엉겨모인다. $MgCl_2$은 고분자화합물을 둘러싸고있던 용매분자를 자기 둘레에 끌어당겨 용매화막을 없애기때문에 콩단백질이 엉겨뭉치게 한다. 따라서 고분자물질이 갈라져나온다. 이와 같이 고분자화합물용액에 염을 많이 넣을 때 고분자물질이 엉겨뭉쳐 갈라져나오는 현상(염석)이 일어난다.

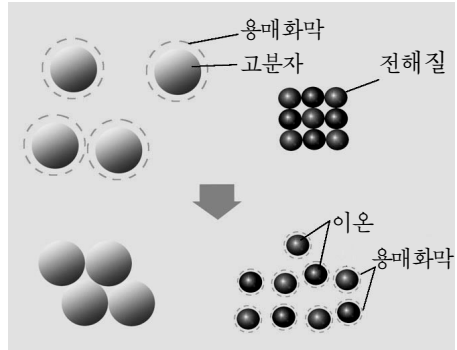



그림 5-14. 염석

? 어떤 염이 염석에 리용될수 있는가?

염석현상을 리용하여 고분자화합물용액에서 고분자물질을 갈라낼수 있다. 비날론, 인조섬유생산에서 방사공정, 비누, 색감을 만들 때 리용한다.

? 염석은 콜로이드용액에서 전해질에 의한 응결과 어떤 차이가 있는가?

묵화. 염석과는 달리 고분자화합물용액에서 용매가 그대로 존재하면서 고체와 같이 안정하게 한 덩어리로 뭉치는 일은 없겠는가.

더운 고분자화합물용액을 가만히 놓아두고 식히면 전체가 한 덩어리로 뭉쳐 고체의 특성을 나타낸다. 이런 상태를 묵상태(묵)라고 부른다. 이것은 용액에서 고분자들사이에 결합이 생기기때문에 나타나는 현상이다. 이때 고분자물질들은 안정한 공간그물구조를 만들며 이 그물구조의 짬에 물분자들이 끼여들게 된다. 이런 과정을 묵화라고 부른다.(그림 5-15)

묵화는 저절로 일어날수도 있고 온도를 변화시키거나 졸일 때 그리고 전해질을 넣을 때에도 일어난다.

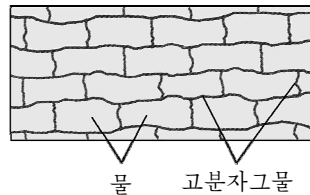



그림 5-15. 묵 화

자연계의 생체물질들중에는 특수한 형태의 묵들이 많다.

식물조직을 이루는 섬유소, 동물조직을 이루는 힘살, 삭뼈들도 본질에 있어서 특수한 형태의 묵이며 단묵을 비롯한 많은 식료품들도 거의 다 묵에 속하는 물질들이다.

※ 묵화에 참가한 물(결합수)은 보통의 물과는 달리 다른 물질을 용해시키는 능력이 작으며 -15℃의 온도에서도 얼지 않는다. 이 결합수는 젖먹이어린이에게는 70%, 늙은이들에게는 40%정도 존재한다고 한다.

투명수지판에 감광막을 입히는 과정도 묵화과정이며 가죽 및 털가공도 묵화와 직접적으로 관련되여있다.

그림 5-16. 고분자물질의 보호작용

고분자물질의 보호작용. 고분자물질은 콜로이드용액을 안정화시키는 역할을 한다. 그것은 콜로이드용액에 적은 량의 고분자물질을 넣을 때 이 고분자들이 콜로이드알갱이를 둘러싸서 그것들이 서로 엉겨뭉치지 못하도록 하기때문이다. 이러한 작용을 콜로이드알갱이에 대한 **고분자물질의 보호작용**이라고 부른다.

고분자물질의 보호작용은 쓰이는데가 많다. 잉크에서 물감의 응결을 막기 위하여 덱스트린을 보호제로 쓰며 먹에서 그을음의 보호제로 젤라틴을 쓴다. 사진유제를 만들 때 할로겐화은졸의 보호제로 젤라틴을 쓴다. 에스키모에 넣는 닭알, 찹쌀풀은 사탕과 얼음의 보호제이다.

고분자물질의 보호작용은 생물체에서 진행되는 생리적과정에서도 중요한 역할을 한다. 피속에 들어있는 산소, 무기염 등은 피진단백질의 보호작용을 받는다.

문 제

1. 고분자화합물용액은 콜로이드용액과 달리 어떤 특성을 가지고있는가?
2. 비누를 만들 때 질은 비누용액에 많은 소금을 넣는다. 그 리유를 말하여라.
3. 먹은 그을음에 젤라틴을 섞어 만든다. 젤라틴은 어떤 역할을 하는가?

4. 동식물체가 겨울에도 잘 얼지 않는 원인은 어디에 있는가?
5. 과자나 빵을 만들 때 넣는 소젖이나 닭알흰자위는 어떤 역할을 하는가?

장 종 합

1. 합성고분자화합물 - 화학적인 방법으로 만들어진 고분자물질

2. 구조 및 특징

구조: 일정한 원자단이 반복배렬

일반적특징: ・평균분자량을 가진다.
・녹음점이 명확치 않다.
・증발하지 않고 녹음점이하에서 분해된다.
・전기절연성이 좋다.
・기름과 물에 안정, 화학부식의 영향을 적게 받는다.
・쉽게 연소, 쉽게 로화된다.

3. 분류

복습문제

1. 고분자화합물의 성질은 사슬모양에 따라 어떻게 달라지는가?
2. 석회석과 무연탄으로부터 폴리비닐알콜, 폴리염화비닐, 폴리클로로프렌을 얻는 과정을 화학반응식으로 써라.
3. 어떤 흰색의 섬유제품이 명주 아니면 인조섬유라는것을 어떤 방법으로 알아볼수 있겠는가?
4. 다음과 같은 구조단위들이 있다.

$$-CH_2-CH_2-, \quad -CH_2-CH=CH-CH_2-,$$

$$-CH_2-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}-, \quad -C_6H_3(OH)-CH_2-, \quad -CH_2-\underset{\displaystyle CN}{\underset{|}{CH}}-,$$

$$-\underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}}-C_6H_4-\underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}}-O-CH_2-CH_2-O-,$$

$$-\underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}}-(CH_2)_4-\underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}}-\underset{\displaystyle H}{\underset{|}{N}}-(CH_2)_6-\underset{\displaystyle H}{\underset{|}{N}}-$$

ㄱ) 이 구조단위들로 이루어진 고분자화합물은 어떤것인가?

ㄴ) 이 구조단위들로 이루어진 고분자화합물들은 어떤 반응에 의하여 만들어지는가? 화학반응식을 써라.

ㄷ) 이 구조단위들로 이루어진 고분자화합물을 천연고분자화합물과 합성고분자화합물로 갈라보아라.

ㄹ) 수지, 섬유, 고무를 만드는 구조단위를 지적하여라.

5. 메타놀, 페놀, 초산, 포름알데히드, 포도당, 길금당, 아세틸렌, 프탈산, 테레프탈산, 글리세린, 에틸렌글리콜, 염화수소, 가성소다, 헥사메틸렌디아민, 아디핀산이 있다.

ㄱ) 우의 물질로부터 합성수지, 합성섬유, 합성고무가 얻어지는 과정을 화학반응식으로 나타내여라.

ㄴ) 매 물질들의 용도를 2가지이상 지적하여라.

제6장. 화학과 환경보호

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《우리는 사소한 공해현상도 나타나지 않도록 하여야 합니다.》

위대한 수령님과 위대한 장군님께서는 인민대중중심의 우리 식 사회주의제도하에서는 사람이 제일 귀중하다고 하시면서 인민들에게 맑고 깨끗한 환경을 마련해주시기 위하여 끊임없는 로고를 바쳐오시였다.

위대한 수령님과 위대한 장군님의 현명한 령도에 의하여 오늘 우리 나라에서는 환경보호사업이 힘있게 벌어져 공해가 없는 나라, 맑고 깨끗한 나라로 온 세상에 빛을 뿌리고있다.

사람은 깨끗한 환경을 요구한다. 사람의 생활과 밀접히 련관되여 있는 대기, 물, 토양, 생물은 환경의 중요한 구성부분이다. 그러나 여러가지 원인으로 공기와 물을 비롯한 환경이 오염되여 사람들의 생활에 나쁜 영향을 미친다. 환경이 오염되거나 파괴되면 그것을 본래상태로 되돌리는것이 매우 힘들며 많은 자금과 오랜 시간이 요구된다.

이 장에서는 자연환경을 파괴하는 기본원인과 환경보호문제에 대하여 학습한다.

대기오염과 그 대책

대기를 오염시키는 물질들에는 황사와 같은 먼지알갱이들과 일부 기체상태의 물질들이 있다.

황사현상은 고비사막과 몽골 알라이산줄기의 동쪽, 중국의 북서부와 몽골의 건조한 지역에서 부석부석한 누런 먼지가 세찬 바람에 휘날려 이동하는 현상이다.

그림 6-1. 황사발생지대의 일부

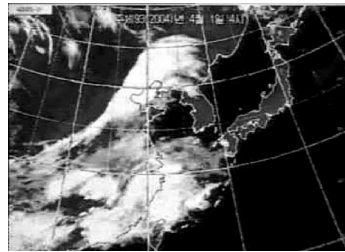



그림 6-2. 황사먼지의 이동

? 황사현상은 주로 어느 계절에 일어나는가?

황사발생지대에서 해마다 100만~300만t이상의 먼지가 바람에 실려 이동하는데 그중 10~30%가 우리 나라에 영향을 미친다.

그림 6-3. 황사현상때의 대기

황사먼지에는 Si, Al, Ni, Ca, Mg, Pb, Cd 등 20여종의 물질과 각종 세균, 비루스, 곰팽이가 포함되여있다.

황사현상이 일어나면 매우 작은 먼지알갱이들(10㎛이하)이 가라앉지 않고 대기중에 떠있게 된다.

우리 나라에 영향을 미친 황사현상의 실례를 표 6-1, 6-2에 주었다.

황사의 원소조성 표 6-1

원소	Al	Fe	Mg	Zn	Pb	Ni	Cu	Mn	Ca
농도/ $\mu g \cdot m^{-3}$	7.97	3.68	1.21	0.27	0.325	0.428	0.122	0.168	1.89

가라앉은 황사의 조성 표 6-2

산화물	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO
함량/%	50.6	7.28	11.22	2.10	1.15

유해물질들에 오염된 10㎛이하의 먼지알갱이들은 기관지에 쉽게 들어가며 특히 0.02~1.0㎛인것은 폐포까지 도달하여 각종 기관지질병을 일으킨다. 또한 황사알갱이들이 눈과 피부를 자극하여 눈병, 피부병을 일으킨다.

※ 사람은 한번에 500mL정도의 공기를 들이쉬며 하루에 약 1만L($10m^3$)의 공기를 들이마신다.

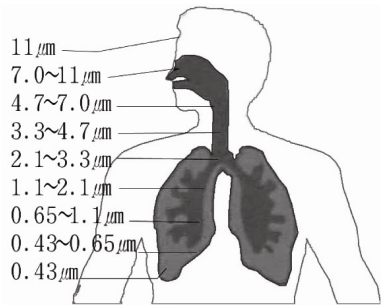



그림 6-4. 황사먼지가 호흡기에 미치는 영향

황사는 토양에도 나쁜 작용을 한다. 황사는 식물이 자라는데 유리한 질소고정세균, 린분해세균 같은 미생물들의 활동을 억제하며 황사속에 들어있는 류산염, 질산염과 같은 산성물질들에 의해서 토양이 산성화된다. 또한 중금속에 의하여 토양이 오염되며 특히 황사속의 방사성물질에 의하여 지대가 오염된다.

경제의 급속한 발전과 산림을 마구 찍어내는 현상 특히 지구온난화현상은 앞으로 황사가 계속 일어나게 하는 원인으로 된다.

우리는 황사의 위험성을 잘 알고 황사로부터 인체를 보호하며 자연환경을 보호하기 위한 사업에 떨쳐나서야 한다.

NO_2, SO_2, CO는 대기를 오염시키는 기체상태의 물질들가운데서 전형적인것들이다.

Ⓠ SO_2이나 NO_2은 어떤 성질을 가진 산화물인가?

SO_2과 NO_2은 대기중에서 류산이나 질산으로 되여 산성비를 형성한다. 산성비는 사람들의 건강에 매우 해로운 작용을 하며 바다와 강하천을 오염시켜 물고기를 죽이고 바다생물의 성장과 번식에 나쁜 영향을 미친다. 산성비는 또한 토양을 산성화시켜 농작물과 산림의 성장을 파괴하며 력사유적유물, 예술작품, 기계설비 같은것을 부식시킨다.

※ 일반적으로 pH가 5.6이하인 비를 산성비라고 부른다. 어떤 산성비의 pH는 3.1이였다. 산성비물이 사람의 눈에 들어가면 아픔을 일으킨다.

그림 6-5. 대기오염

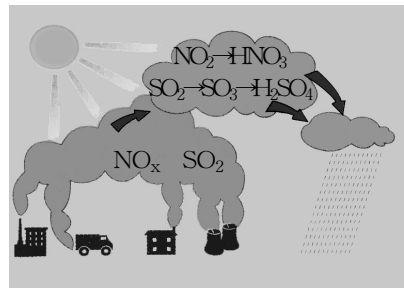



그림 6-6. 산성비의 형성

화학에서는 석탄, 원유와 같은 화석연료에서 류황을 제거하는 방법, SO_2을 회수리용하는 기술, 자동차배기가스의 청정촉매 등 여러가지 문제들을 연구하여 환경을 보호하여야 한다.

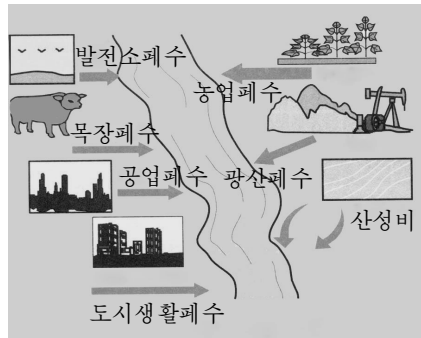
몇가지 대기오염물질과 그 원천 표 6-3

대기오염물질	주 요 원 천
SO_2	류황이 들어있는 연료의 연소, 류산생산배기가스
CO	화석연료의 불완전연소
NO_2	자동차, 뻐스 등 운수수단들에서 나오는 배기가스
먼지알갱이	연료의 불완전연소과정, 황사

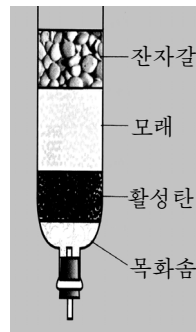
물의 오염과 정화

물의 오염은 공업생산과정에 나오는 폐수, 오물, 폐가스와 생활오수를 강이나 바다에 마구 버린 결과에 생긴다. 또한 농업생산과정에 쓰는 농약, 화학비료가 비물과 함께 강에 들어가면 물이 오염된다. 오염된 물에는 여러가지 독성물질이나 병균이 있다. 사람이 오염된 물을 마시면 나쁜 질병에 걸릴수 있고 지어 생명까지

그림 6-7. 물의 오염근원

잃을수 있다. 공업과 농업에서 오염된 물을 쓰면 생산물의 질이 떨어진다. 그러므로 물자원을 보호하며 그 질을 개선하여야 한다.

오염된 물은 여러가지 방법으로 깨끗하게 할수 있다.

오염된 물의 정화

1. 깨끗한 물에 염산, 잉크, 톱밥 같은것을 섞어 넣어 오염된 물을 만든다.
2. 그림과 같은 장치에 목화솜, 활성탄, 모래, 잔자갈을 차례차례 넣는다.
3. 오염된 물의 pH를 잰다.
4. 오염된 물을 우의 장치에 통과시킨다.
5. 비커에 떨어지는 물의 상태를 관찰한다.(색, pH, 맑은 정도)

위대한 수령님과 위대한 장군님의 현명한 령도에 의하여 우리 나라에는 곳곳에 오수정화장들이 훌륭히 꾸려져 오염된 물을 깨끗이 정화하여 내보냄으로써 인민들에게 깨끗한 환경을 마련해주고있다.

발전 환경보호에서 나노기술의 응용

나노기술은 환경오염을 감시하고 그 영향을 감소시키며 오염물과 불필요한 부산물이 될수록 적게 생기도록 하는 새로운 록색처리기술을 개발하는데서도 리용될수 있다.

지금 흔히 적용되고있는 오수처리기술은 효률이 낮고 원가가 높으며 2차오염문제가 제기되고있지만 오수처리에 나노기술을 리용하면 이와 같은 문제들을 해결할수 있고 오수안의 금, 팔라디윰, 백금 등 귀금속들도 완전히 선별해낼수 있다.

TiO_2나노립자는 빛촉매작용에 의하여 페수속의 유기물을 효과적으로 분해시킬수 있다. 나노재료를 속이 빈 구로 만들어 유기물을 포함하고있는 페수우에 띄우거나 석유가 흘러나와 오염된 바다에 띄우고 태양광선을 리용하여 유기물 또는 석유를 분해시키고있다.

자동차기관을 나노복합재료로 바꾸어쓰면 매해 휘발유의 연소량은 15억kg, CO_2의 배출량은 적어도 50억kg 감소시킬수 있게 한다고 한다.

나노재료가 들어간 건축재료를 리용하여 환경을 개선하기 위한 사업도 하고있다. 일련의 나노재료를 첨가한 콩크리트로 건설한 건축물 또는 고속도로의 격리띠는 산림과 같이 《심호흡》을 할수 있다고 한다.

또한 다이야에 탄소그을음대신에 점토 또는 착화합물의 나노분말을 첨가하면 환경보호용내마모성다이야를 생산할수 있다고 한다.

나노TiO_2을 리용하여 대기를 정화하는 빛촉매환경보호용칠감을 제조하고있다. 이 칠감은 태양빛쪼임조건에서 유해가스인 NO_x의 분해률이 97%로서 공기속의 NO_x에 대한 정화효과가 매우 좋으며 대기속의 기타 오염물 실례로 류화물, 할로겐화물, 탄화수소 등을 분해할수 있다.

지구의 온난화와 대책

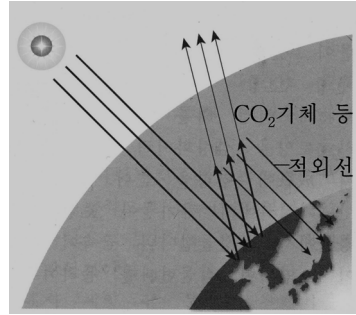
지구의 온난화는 대기중에 이산화탄소의 농도가 증가하기때문에 생긴다. 이산화탄소기체는 땅겉면에서 우주공간으로 방출되는 에네르기의 일부를 되돌려보내므로 지구의 평균기온을 높인다.(그림 6-8)

온난화가 계속되면 바다물면이 높아지고 강수량이 변하며

기후가 변하여 동식물 특히 농업생산에 큰 영향을 미친다.

? 공기중에 이산화탄소는 왜 점점 많아지는가?

그림 6-8. CO_2에 의한 온실효과

지구의 온난화를 막기 위해서는 나무를 많이 심어야 하며 화석연료를 적게 사용하여야 한다. 또한 태양에네르기, 수소에네르기 등 화석연료를 대신하는 새로운 에네르기자원을 적극 개발리용하는것이 중요하다.

오존층의 파괴와 대책

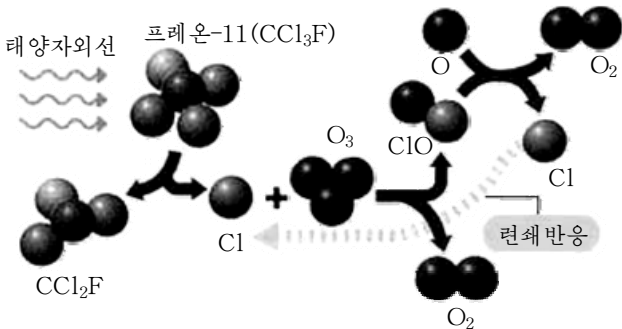
태양으로부터 나오는 자외선은 피부암이나 백내장과 같은 눈병을 일으키며 동식물에 나쁜 영향을 준다. 지구상에 생물이 존재할수 있는 것은 대기권의 오존층이 자외선을 흡수하여 지구에 떨어지는 자외선의 량을 감소시키기때문이다.

지금 오존층은 프레온에 의해 점차 파괴되고있다.

프레온이 성층권에 이르면 태양자외선에 의하여 분해된다. 이때 생겨난 염소원자가 오존층을 파괴한다. 오존층이 파괴되면 에네르기가 큰 자외선이 지구에 떨어져 생물체전반에 나쁜 영향을 미친다.

그러므로 세계적으로 프레온생산이 금지되였으며 프레온을 대신할수 있는 각종 랭매와 세척제들이 연구개발되고있다.

그림 6-9. 오존층의 파괴모형

프 레 온

프레온은 분자안에 불소, 염소원자가 들어있는 탄화수소의 할로겐유도체이다. 프레온은 액화하기 쉽고 증발열이 크기때문에 가정용랭동기의 랭매로 쓰이였다. 또한 불타지 않으며 기름기를 쉽게 용해시키므로 전자용품, 기계부속품의 세척에도 리용되였다.

많이 쓰이는 프레온: 프레온-11(CCl_3F), 프레온-12(CCl_2F_2), 프레온-14(CF_4), 프레온-113(CCl_2FCClF_2)

문 제

1. 산이 들어있는 페수는 산화칼시움이나 탄산칼시움으로 중화시킬수 있다. 염산과 산화칼시움 및 탄산칼시움과의 반응을 화학방정식으로 써라.

2. 대기중에 CO_2함량이 증가하면 온실효과가 일어나 지구겉면의 온도가 올라간다.

1) 대기중 CO_2함량이 증가하는 기본원인은 (   )에 있다.

ㄱ) 동식물의 호흡작용증가

ㄴ) 실험실에서 나오는 CO_2증가

ㄷ) 산림록화면적감소로 인한 자연계의 CO_2흡수능력감소

ㄹ) 화석연료(석탄, 석유, 천연가스 등)를 에네르기원천으로 대량 사용

2) 자연계에서 CO_2가 소비되는 주요과정은 _____이다.

3) 지구온난화방지대책은 _____이다.

3. 자동차배기가스중에는 CO와 NO 같은 독성기체가 들어있다. 정화과정은 다음과 같다.

ㄱ) 촉매가 있는데서 CO와 NO가 반응을 일으켜 단순물과 화합물을 만든다. 그중 단순물은 대기중에 가장 많은 성분이다.

ㄴ) CO를 공기속에서 태워 다른 산화물로 넘긴다.

화학반응식으로 써라.

학 생 실 험

[실험 1] 화학반응속도에 미치는 온도의 영향

실험목적

실험을 통하여 화학반응속도와 온도사이의 관계에 대한 지식을 공고히 다지는데 있다.

실험기구

시험관, 시험관대, 비커, 온도계, 피페트, 삼발이, 쇠그물, 알콜등, 초시계(혹은 초침이 있는 시계)

시약 및 실험재료

0.1mol/L 티오류산나트리움용액, 0.1mol/L 류산용액

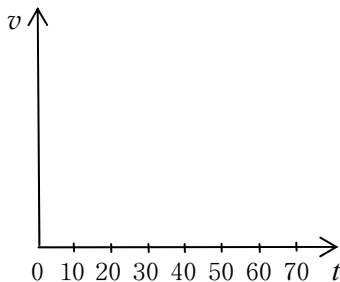
실험방법

① 4개의 시험관에는 0.1mol/L 티오류산나트리움용액을 3mL씩 넣고 다른 4개의 시험관에는 0.1mol/L 류산용액을 3mL씩 넣어 시험관대에 세운다.

② 비커에 절반가량 물을 넣어 삼발이의 쇠그물우에 올려놓고 티오류산나트리움이 든 시험관과 류산용액이 든 시험관 한조를 잠근 다음 30℃로 덥힌다. 30℃에서 두 용액을 섞어 반응시킨다. 초시계로 용액이 흐려질 때까지의 시간을 잰다.

③ 다른 한조의 두 시험관을 비커의 물에 잠그고 40℃로 데운 다음 같은 실험을 되풀이한다. 마찬가지로 50℃와 60℃에서 실험한다.

④ 실험값(온도와 반응시간)을 다음 표에 적어넣고 반응속도(1/h)를 계산하여 써넣는다. 그리고 표의 자료를 가지고 그라프를 그린다.

실험 번호	온도 /℃	시간 /min	반응속도 /h^{-1}
1			
2			
3			
4			

물 음

① 화학반응속도가 낮은 온도에서 빠른가, 높은 온도에서 빠른가?
② 반응속도와 온도사이에는 어떤 관계가 있는가?
③ 티오류산나트리움과 류산과의 반응을 화학방정식으로 나타내여라.

[실험 2] 화학평형에 미치는 농도의 영향

실험목적

실험을 통하여 농도의 변화에 따라 화학평형이 어떻게 이동하는가에 대한 지식을 공고히 다지는데 있다.

실험기구

시험관, 시험관대, 피페트, 약숟가락

시약 및 실험재료

염화철(Ⅲ)결정, 염화철(Ⅲ)용액(0.002mol/L), 티오시안산칼리움결정, 티오시안산칼리움용액(0.006mol/L)

실험방법

① 한 시험관에는 0.002mol/L $FeCl_3$용액을 3mL 넣고 다른 시험관에는 0.006mol/L KCNS용액을 3mL 넣는다.
② 두 시험관의 용액을 섞어 반응시킨다. 반응한 다음 용액의 색을 반응시키기 전 용액들의 색과 비교하여본다.
③ 반응시켜 얻은 용액을 3개의 시험관에 꼭같이 나누어넣고 번호를 붙인다.

④ 첫번째 시험관의 용액에 $FeCl_3$결정을 쌀알만큼 약숟가락으로 떠넣고 흔들어 용해시킨다. 다 용해된 다음 용액의 색을 세번째 시험관에 들어있는 용액의 색과 비교하여본다.

어느 시험관의 용액의 색이 더 진한가? 왜 그런가?

⑤ 두번째 시험관에는 KCNS결정을 쌀알만큼 약숟가락으로 떠넣고 흔들어 용해시킨다. 다 용해된 다음 용액의 색을 역시 세번째 시험관에 들어있는 용액의 색과 비교하여본다.

어느 시험관의 용액의 색이 더 진한가? 왜 그런가?

⑥ 번호를 붙인 3개의 시험관을 가지런히 세워놓고 용액의 색을 비교하여본다. 어느 시험관의 용액의 색이 제일 진한가?

왜 그런가를 화학방정식과 평형상수식을 리용하여 설명하여라.

[실험 3] 표준용액만들기와 중화적정

실험목적

메스플라스크, 홀피페트, 뷰레트, 삼각플라스크, 저울(또는 전자저울) 등 실험기구를 다루는 방법과 표준용액만들기, 중화적정방법을 습득시키는데 있다.

실험기구

메스플라스크, 저울(전자저울), 홀피페트, 뷰레트, 삼각플라스크, 약숟가락, 스포이드, 비커, 세척병, 시계유리, 깔때기, 유리막대기, 뷰레트대

시약 및 실험재료

싱아산결정($H_2C_2O_4 \cdot H_2O$), 0.1% 페놀프탈레인용액, 약 0.1 mol/L 정도의 농도를 가진 수산화나트리움시료용액, pH지, 염산용액(0.01mol/L), 수산화나트리움용액(0.01mol/L)

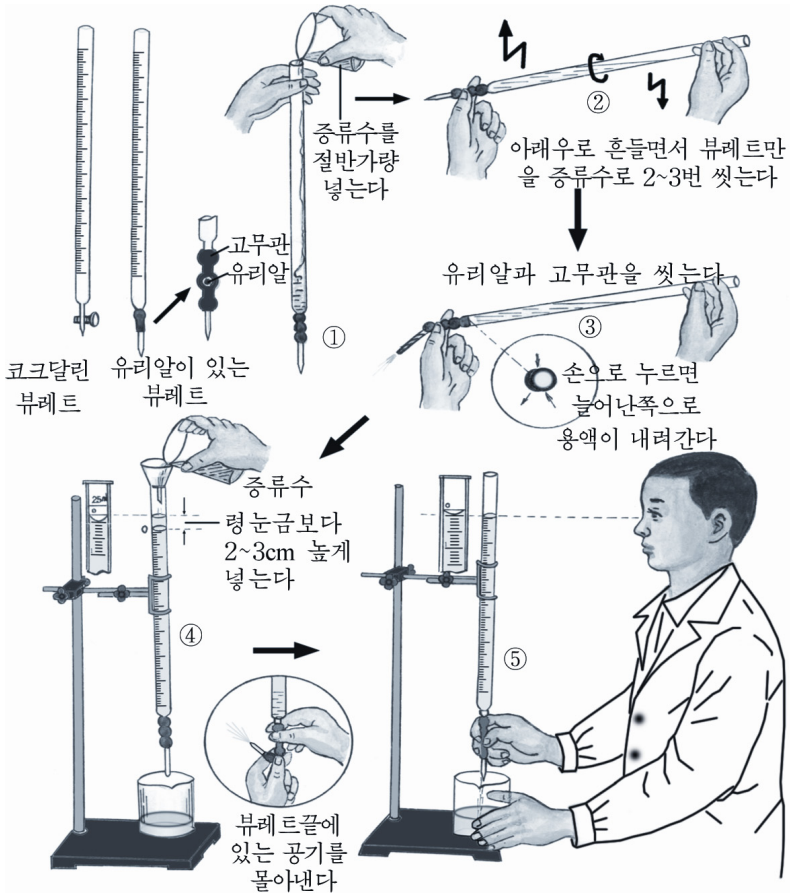



그림 1. 뷰레트를 쓰는 방법

실험방법

1) 0.05mol/L 싱아산표준용액 250mL 만들기

① 이 용액을 만드는데 필요한 싱아산결정의 질량을 계산한다.

② 싱아산결정을 저울에 달아서 비커에 전부 넣고 약 50mL의 물을 넣고 완전히 용해시킨다.

③ 결정이 완전히 용해되면 250mL들이 메스플라스크에 용액을 옮기고 적은 량의 증류수로 여러번 비커의 싱아산용액을 우려내여 메스플라스크에 부으면서 0.05mol/L 싱아산표준용액 250mL를 만든다.

④ 메스플라스크의 마개를 막고 거꾸로 세우는 조작을 반복하는 방법으로 용액을 잘 뒤섞은 다음 만든 표준용액을 빈병에 넣고 이름을 써붙인다.
⑤ 메스플라스크를 물로 깨끗이 씻어 보관한다.

2) 중화적정에 의한 수산화나트리움용액의 농도알아내기

① 뷰레트를 증류수로 깨끗이 씻고 마지막 한번은 농도를 알아내려는 수산화나트리움용액(시료용액)으로 씻는다. 씻은 용액을 뷰레트로부터 뽑아내고 뷰레트를 뷰레트대에 고정시키고 수산화나트리움용액을 넣은 다음 액면을 0눈금에 맞춘다.
② 미리 만든 싱아산 0.05mol/L표준용액 250mL를 홀피페트로 취하여 삼각플라스크에 옮겨넣은 다음 페놀프탈레인용액 2~4방울 떨구어넣는다.
③ 뷰레트의 끝부분 고무관안에 있는 유리알을 한손으로 조절하면서 수산화나트리움용액을 삼각플라스크의 싱아산표준용액에 방울방울 떨구어넣는다. 다른 손으로는 삼각플라스크를 쥐고 흔든다. 삼각플라스크안의 전체 용액이 마지막 한방울의 수산화나트리움용액에 의하여 분홍색이 될 때까지 방울방울 넣는다. 다음 뷰레트의 액면이 놓인 눈금을 읽는다.(그림 1 참고)
④ 같은 방법으로 싱아산표준용액과 반응하는데 드는 수산화나트리움용액의 체적을 두번 더 측정한다. 싱아산표준용액을 중화하는데 든 수산화나트리움용액의 체적의 평균값을 계산한다.
⑤ 수산화나트리움용액의 농도는 관계식

$$\nu_1 \cdot c_1 \cdot V_1 = \nu_2 \cdot c_2 \cdot V_2$$

에 의하여 계산한다.
⑥ 실험이 끝나면 실험기구를 깨끗이 씻어 정해진 자리에 놓고 실험보고서를 작성한다.

물 음

① 뷰레트를 증류수로 씻은 다음 왜 수산화나트리움용액으로 다시 씻어야 하는가?
② 실험에서 싱아산표준용액을 뷰레트에 넣고 시료용액인 수산화나트리움용액을 삼각플라스크에 일정한 량 넣고 적정하면

안되겠는가? 리유를 밝히여라.

③ 삼각플라스크에 넣은 일정한 량(체적)의 싱아산표준용액을 그대로 적정할 때와 거기에 증류수를 얼마간 넣고 적정할 때에 소비되는 수산화나트리움용액의 체적이 같겠는가 다르겠는가? 왜 그런가?

[실험 4] 전지만들기

실험목적

전지에서 전류가 생기는 원리를 다니엘전지와 볼타전지를 직접 만들어보는 과정을 통하여 검증하고 다지는데 있다.

실험기구

비커(250mL들이) 또는 U자관, 메스플라스크(100mL), 전압계(0~5V), 전류계(mA계), 약저울, 약숟가락, 작은 전등(1.2V)

시약 및 실험재료

류산동결정($CuSO_4 \cdot 5H_2O$), 류산아연($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$), 염화칼리움, 증류수, 젤라틴 또는 우무, 동판(3㎝×6㎝), 아연판(3㎝×6㎝), 동선, 여닫이

실험방법

1) 다니엘전지만들기

① 1mol/L 류산동용액 100mL를 만드는데 필요한 류산동결정($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)의 질량을 계산한다.

② 계산된 류산동결정의 량을 약저울에서 정확히 달아 70mL정도의 증류수를 넣은 비커에서 용해시킨다. 이 용액을 100mL들이 메스플라스크에 옮기고 증류수를 눈금까지 채운다. 다음 이 용액을 비커에 옮긴다. 같은 방법으로 1mol/L 류산아연용액 100mL를 만들어 비커에 옮긴다.

③ 방온도에서 KCl포화용액을 만들고 여기에 젤라틴 또는 우무를 넣고 용액을 덥혀 풀어지도록 한다. 다음 이 용액을 U자관에 부어넣은 다음 식혀서 굳어지게 한다.

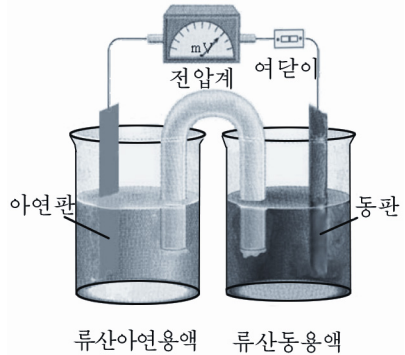
④ 그림과 같이 전지를 만든다.

⑤ 여닫이를 눌러 회로를 련결시켜 전압계의 바늘이 어떻게 움직이는가를 관찰한다.

그림 2. 다니엘전지만들기

물음

① 두 전극에서 일어나는 반응을 나타내여라.

② 전지의 전동력은 얼마이며 큰 전동력을 얻자면 어떻게 하여야 하는가?

2) 볼타전지만들기

① 비커에 20% 류산용액 100mL를 넣는다.

② 그림 3과 같이 두 극판을 도선으로 전등과 련결하고 동판을 먼저 잠근다.

여닫이를 눌러 련결상태에 있게 한다.

③ 아연판을 잠그었을 때 전등에 불이 오는가를 본다.

④ 여닫이를 열고 아연극판에서 나오는 기체의 량을 비교해본다. 이때 동판에서 기체가 나오는가?

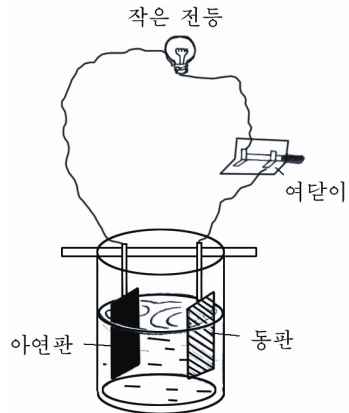



그림 3. 볼타전지만들기

물음

① 그림에 전류의 흐름방향을 나타내여라.

② 여닫이를 열면 아연판에서 나오는 기체의 량이 달라지는것을 어떻게 설명할수 있는가?

③ 전지를 계속 동작시키면 용액의 산농도는 어떻게 변하겠는가?

④ 전지에서 일어나는 전극반응을 나타내여라.

[실험 5] $CuCl_2$용액의 전기분해

실험목적

전기분해원리를 실험을 통하여 검증하고 다지는데 있다.

실험기구

비커(250mL들이) 또는 U자관, 메스플라스크(100mL), 약저울, 약숟가락, 흑연전극, 정류기, 여닫이

시약 및 실험재료

$CuCl_2$, 증류수

실험방법

① 10% $CuCl_2$용액 50g을 만드는데 필요한 $CuCl_2$의 량을 계산한다.

② 약저울에서 $CuCl_2$을 달아 비커에 옮기고 해당한 증류수를 넣는다. 이때 증류수는 저울로 달지 않고 피페트로 해당한 량을 넣는다.

③ 회로를 련결한다.(3장 4절 실험참고) 정류기에서 전압은 3V로 되게 한다.

④ 여닫이를 넣어 두 전극에 전류를 흘러보낸다. 시간이 지나면서 두 전극에서 어떤 물질이 생기는가를 관찰한다.

⑤ 전극에서 일어나는 반응을 쓴다. 정류기에 있는 전류계를 통해 흐르는 전류의 세기를 알고 전기분해하는 시간을 15min정도로 할 때 전극에서 생기는 물질의 량을 계산한다.

물음

① 전기분해할 때 나오는 염소기체를 어떻게 알아볼수 있는가?

② 약저울로 전극에서의 질량변화를 잴수 있는가?

[실험 6] 사탕의 가수분해

실험목적

사탕을 가수분해시키고 가수분해생성물의 환원제적성질을 실험으로 알아보는 과정에 사탕의 성질을 확고히 인식하는데 있다.

실험기구

시험관, 알콜등

시약 및 실험재료

NaOH용액(10%), $CuSO_4$용액(5%), 사탕용액(2%), 묽은 류산

실험방법

① 1개의 시험관에 2~3mL의 NaOH용액을 넣고 여기에 몇방울의 $CuSO_4$용액을 넣는다. 나타나는 현상을 관찰한다. 그런 다음 2mL의 사탕용액을 넣는다. 가열하면서 침전물이 생기는가 관찰한다.

② 깨끗한 시험관에 적은 량의 사탕용액을 넣고 거기에 3~5방울의 묽은 류산을 넣는다. 그다음 혼합액을 몇min 끓여 사탕이 가수분해되게 한다.

그다음 NaOH용액을 넣어 남은 H_2SO_4이 중화되게 한다.

③ 한 시험관에 $Cu(OH)_2$침전물을 만들고 여기에 ②에서 만든 용액을 시험관을 흔들면서 넣는다. 그런 다음 시험관을 가열한다. 어떤 현상이 나타나는가를 관찰한다.

실험 ①, ③에서 나타난 현상을 기록하여라.

[실험 7] 단백질의 성질

실험목적

단백질의 여러가지 성질을 확고히 인식하는데 있다.

실험기구

시험관, 시험관집게, 비커, 유리막대기, 쇠그물, 알콜

시약 및 실험재료

알단백질용액(닭알흰자위), $(NH_4)_2SO_4$포화용액, NaOH용액, 10% $CuSO_4$용액, 짙은 질산, 두부, 면실, 순모실, 증류수

실험방법

1) 단백질의 태우기

면실과 순모실에 각각 불을 붙여 태워본다. 주의하여 냄새를 맡아본다.

2) 단백질의 염석

시험관에 1~2mL의 알단백질수용액을 넣고 적은 량의 $(NH_4)_2SO_4$ 포화용액을 넣는다. 나타나는 현상을 관찰한다.

침전물이 들어있는 액체를 증류수가 들어있는 다른 시험관에 넣고 침전물이 용해되는가를 관찰한다.

3) 단백질의 변성

① 시험관에 2mL의 알단백질수용액을 넣고 가열하여 나타나는 현상을 관찰한다. 시험관안의 물질을 꺼내여 물속에 놓아둘 때 용해되는가를 관찰한다.

② 시험관에 3mL의 알단백질수용액을 넣고 1mL의 $CuSO_4$용액을 넣어 나타나는 현상을 관찰한다. 적은 량의 침전물을 증류수가 들어있는 시험관에 넣는다. 침전물이 용해되는가를 관찰한다.

4) 단백질의 색반응

시험관에 적은 량의 알단백질수용액을 넣고 몇방울의 질은 질산을 넣는다. 약하게 가열하면서 나타나는 현상을 관찰하여라. 시험관을 식힌 다음 가성소다용액을 조금 넣는다. 나타나는 현상을 관찰하여라.

5) 음식물에 들어있는 단백질알아보기

① 5g의 두부를 비커에 넣고 10mL의 증류수를 넣는다. 유리막대기로 두부를 보드랍게 분쇄한다. 천쪼각으로 려과하여 두부를 갈라낸다.

② 시험관에 갈라낸 두부를 조금 넣고 가성소다용액 3mL를 넣고 류산동용액 1mL를 넣는다. 나타나는 현상을 관찰한다.

닭알흰자위 $(NH_4)_2SO_4$ 포화용액

증류수

닭알흰자위

증류수

닭알흰자위 $CuSO_4$용액

증류수

NaOH용액

닭알흰자위 $CuSO_4$용액

보라색

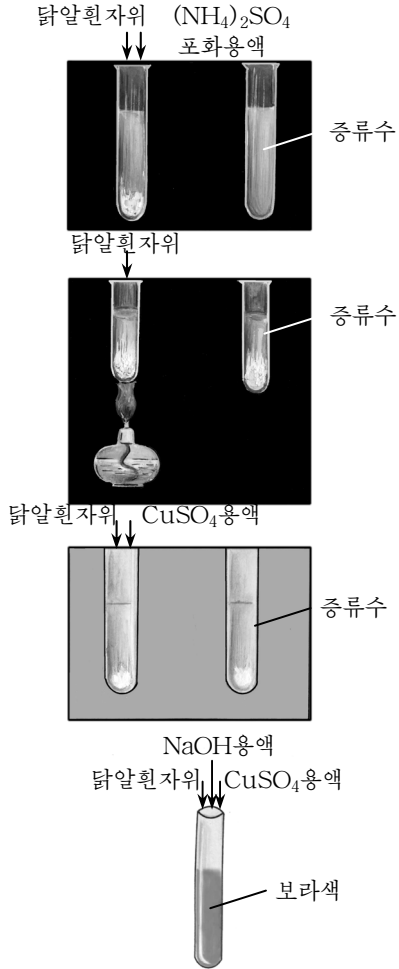
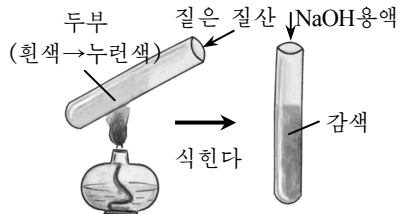



그림 4. 단백질의 성질

물음

① 알단백질의 수용액에 각각 $CuSO_4$포화용액과 $(NH_4)_2SO_4$포화용액을 넣으면 모두 고체물질이 생긴다. 두가지 현상에는 어떤 차이가 있는가?

② 실험으로 어떻게 명주와 인조섬유를 갈라볼수 있는가?

실 험 문 제

실험문제 1

KCl, $Ba(NO_3)_2$, Na_2CO_3, Na_2SO_4, $FeCl_3$용액이 들어있는 5개의 병이 있다. 다른 시약이나 시험종이를 쓰지 말고 이 시약을 가지고 관찰과 실험을 하여 어느 병에 무슨 시약이 있는지 알아내여라.

실험문제 2

포도와 사과속의 포도당검출

실험문제 3

농마와 단백질의 검출

화 학 (중학교 제6학년용)

집 필 교수 박사 박정수, 부교수 안원국, 손경철, 리성화, 부교수 오혜심

심 사 심의위원회

편 집 양호준, 신현실

콤퓨터편성 김승옥

장 정 김광영

교 정 한순희

낸 곳 교육도서출판사

인쇄소 교육도서인쇄공장

인 쇄 주체101(2012)년 3월 11일 발 행 주체101(2012)년 3월 21일

교-11-보-496 값 10원